Environment Canada Environnement Canada

Contaminants in Bottom Sediments of the St. Lawrence River in June 1975

K.W. Kuntz

TECHNICAL BULLETIN NO. 147

INLAND WATERS DIRECTORATE
ONTARIO REGION
WATER QUALITY BRANCH
BURLINGTON, ONTARIO, 1988

(Disponible en français sur demande)

Published by authority of
the Minister of the Environment

© Minister of Supply and Services Canada 1988

Cat. No. En 36-503/147E

ISBN 0-662-16175-0

Contents

	Page
ABSTRACT	v
RÉSUMÉ	v
INTRODUCTION	1
SAMPLING METHODS	1
RESULTS	2
Criteria	2
Trace metals	3
Cadmium	3
Chromium	3
Copper	3
Iron	3
Lead	4
Manganese	4
Mercury	4
Nickel	4
Arsenic	4
Selenium	4
Zinc	4
Organics	4
DDT and metabolites	4
PCBs	5
Other analyses	5
Cyanide	5
Phenols	5
Chemical oxygen demand	5
Oil and grease	5
Percentage of loss at 105°C	5
Percentage of loss on ignition	5
Total, inorganic, and organic phosphorus	5
SUMMARY	5
REFERENCES	6
APPENDIX. Bottom sediment survey results, St. Lawrence River, June 1975	7

Tables

1. Bottom sediments in the St. Lawrence River	2
2. Parameters analyzed	3

Tables (Cont.)

3. Bottom sediment criteria 3

4. Possible municipal, industrial, and tributary sources of contaminants 6

Illustrations

Figure 1. Bottom sediment sampler 1

Figure 2. Sampling ranges and stations 1

Abstract

Results from a survey of bottom sediments conducted at 59 stations along the international section of the St. Lawrence River between Lake Ontario and the Quebec border in June 1975 are discussed. Summaries of trace organic and trace metal data are compared with various criteria, and possible municipal, industrial, and tributary sources of contaminants are identified.

Résumé

Les résultats d'une campagne sédimentologique réalisée à 59 stations le long du bief international du Saint-Laurent, entre le lac Ontario et les limites du Québec, en juin 1975, font l'objet d'une discussion. Les données sommaires relatives aux matières organiques et aux métaux à l'état de traces sont comparées à divers critères. Enfin, les villes, les industries et les affluents, qui sont une source possible de contaminants et qui ne respectent pas ces critères, sont identifiés.

Contaminants in Bottom Sediments of the St. Lawrence River in June 1975

K.W. Kuntz

INTRODUCTION

In June 1975, the Water Quality Branch, Ontario Region (WQB-OR), undertook a survey of bottom sediments in the international section of the St. Lawrence River between Lake Ontario and the Quebec border. The purpose of this survey was to characterize the bottom sediments in terms of their chemical composition and to look for major sources of toxic contaminants (both trace metals and organics) along the course of the river. Samples were collected at 59 stations in this section of the river. Attempts to collect samples at 11 more stations failed because of the type of bottom materials present.

SAMPLING METHODS

Samples of bottom sediments were collected with a US BM-54 sampler (Fig. 1) at the station locations identified in Figure 2. This sampler is equipped with tail fins to maintain its position in the current. When supported by a cable or rope, the sampler is in the open position for taking a bed sample. When tension on the cable is released by resting the sampler on the river bottom, the top 2.5 cm (approximately) of sediment is collected. The bucket surrounds and encloses the sample so that it is not washed out when the sampler is raised to the water surface.

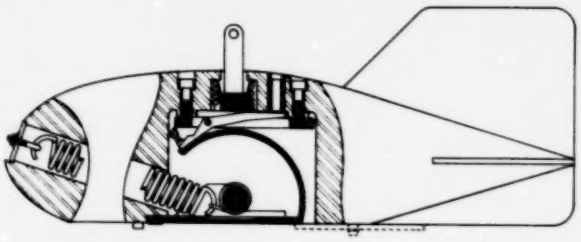

Figure 1. Bottom sediment sampler (US BM-54).

The bottom sediments collected are described in Table 1. Metals and organic contaminants listed in Table 2 were analyzed according to methods contained in the *Analytical Methods Manual* (Environment Canada, 1979). All samples were collected in prewashed plastic bottles (for metals) and prewashed aluminum cans (for organics). Samples were immediately frozen with dry ice and stored frozen until analyzed.

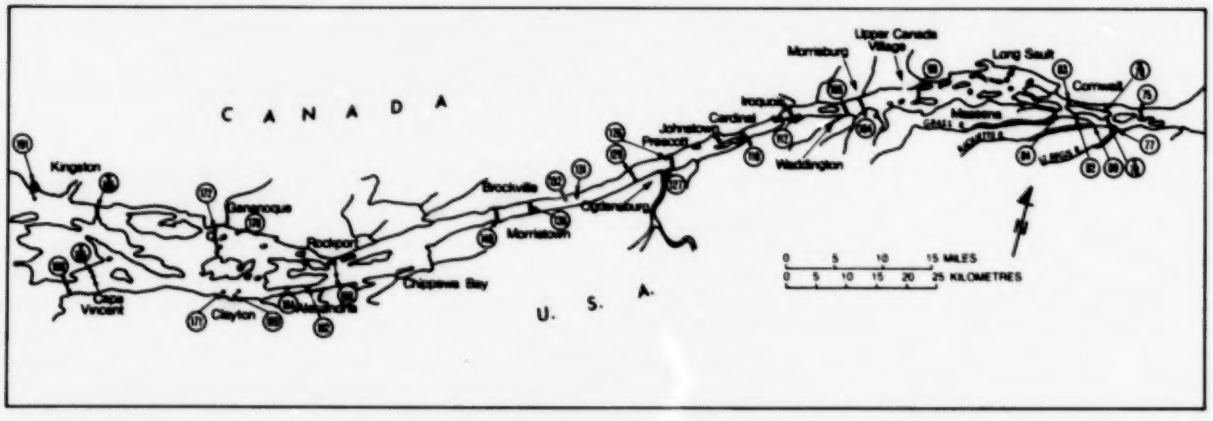

Figure 2. Sampling ranges and stations.

Table 1. Bottom Sediments in the St. Lawrence River

Station	Date	Description
191A	75-11-06	fine silty clay
191B	75-11-06	fine silty clay
191C	75-11-06	NS
191D	75-11-06	grey fine silty clay
188A	75-05-06	NS
188B	75-05-06	fine silty clay
185-NA	75-10-06	black mud
185-NB	75-10-06	clay mud
185-NC	75-10-06	clay mud
185-SA	75-05-06	sand
185-SB	75-05-06	sand
185-SC	75-05-06	sand
172A	75-10-06	mud
172B	75-10-06	mud
172C	75-10-06	mud
171A	75-10-06	sand and mud
170A	75-10-06	mud, weeds, and organics
169A	75-10-06	NS
169B	75-10-06	rocks and shells
164A	75-10-06	clay and mud
164B	75-10-06	mud
162A	75-10-06	NS
158A	75-10-06	muddy clay and clam shells
158B	75-10-06	muddy clay and clam shells
158C	75-10-06	muddy clay and clam shells
140A	75-07-06	silty clay
140B	75-07-06	NS
140C	75-07-06	silty clay
136A	75-07-06	sand and gravel
136B	75-07-06	sand and gravel
136C	75-07-06	NS
132A	75-07-06	fine sand
131A	75-07-06	fine sand
129A	75-07-06	silty clay
129B	75-07-06	NS
129C	75-07-06	organic debris
127A	75-07-06	coarse gravel

NS = no sample collected.
ND = no description.

Table 1. Continued

Station	Date	Description
126A	75-07-06	silty clay
126B	75-07-06	NS
126C	75-07-06	sand, silt, and roots
126D	75-07-06	sand, silt, and roots
118A	75-07-06	sand
118B	75-07-06	gravel
118C	75-07-06	gravel
112A	75-08-06	fine sand
112B	75-08-06	coarse sand
112C	75-08-06	sand and mud
106A	75-08-06	sand and gravel
106B	75-08-06	NS
106C	75-08-06	sand
106D	75-08-06	clay and till
104A	75-08-06	silty clay and sand
104B	75-08-06	NS
104C	75-08-06	sand
98A	75-08-06	silty sand
98B	75-08-06	NS
98C	75-08-06	sand and organics
84A	75-09-06	ND
83A	75-09-06	fine sand and rock
82A	75-09-06	mud
82B	75-09-06	mud
80A	75-09-06	black mud
78-NA	75-09-06	mud
78-NB	75-09-06	mud
78-SA	75-09-06	gravel and shells
78-SB	75-09-06	mud
77A	75-09-06	ND
77B	75-09-06	brown coarse sand
75A	75-09-06	sand
75B	75-09-06	ND

RESULTS

Criteria

Various criteria have been suggested by several different Canadian and U.S. government agencies for dredge spoil disposal of bottom sediments, including criteria established by the Ontario Ministry of the Environment (MOE) (1976), Thomas and Mudroch (1979), and the United States Environmental Protection Agency (EPA) (1975). These criteria are given in Table 3, and will be used as references thoughout this report.

Table 2. Parameters Analyzed

Trace metals	Organics	Others
Cadmium	Lindane	Cyanide
Chromium	Heptachlor	Phenols
Copper	Aldrin	Total chemical oxygen demand
Iron	Heptachlor epoxide	Inorganic phosphorus
Lead	p,p′-DDE	Total phosphorus
Manganese	Dieldrin	Loss at 105°C
Mercury	p,p′-TDE (DDD)	Loss on ignition (550°C)
Nickel	p,p′-DDT	Oil and grease
Arsenic	o,p′-DDT	
Selenium	Endrin	
Zinc	α-Chlordane	
	γ-Chlordane	
	α-Endosulfan	
	β-Endosulfan	
	p,p′-Methoxychlor	
	Total PCB	
	HCB	
	α-BHC	
	Mirex	

Trace Metals

Cadmium

Cadmium concentrations in bottom sediments were generally at or below the analytical detection limit of 10 $\mu g\ g^{-1}$. Five of the 56 samples analyzed for cadmium were above the detection limit. The highest value was 14 $\mu g\ g^{-1}$ at station 82A, just downstream from the Grass River. A likely source of this high cadmium concentration is the Reynolds Metals Co. industrial and sanitary sewers, which discharge just upstream from this station. The MOE dredge spoil objective is 1 $\mu g\ g^{-1}$, an order of magnitude below the detection limit.

Chromium

The distribution of chromium in the bottom sediments of the St. Lawrence River (see Fig. A-1 in the Appendix) showed a rather even pattern throughout the river system. Nearly all samples were above the MOE dredge spoil objective of 25 $\mu g\ g^{-1}$. Several stations had levels above 100 $\mu g\ g^{-1}$, i.e., 191A, 170A, 106A, 171A, and 158C. All of these stations, except 171A and 106A, are located downstream from municipal or industrial sources. Twelve stations were designated as being heavily polluted because they were above the EPA heavily polluted category of 75 $\mu g\ g^{-1}$ (Table 3). Four of these stations were also above Thomas and Mudroch's revised guidelines of 120 $\mu g\ g^{-1}$.

Copper

Thirty-seven of the stations sampled had copper concentrations higher than the MOE dredge spoil objective of 25 $\mu g\ g^{-1}$ (Fig. A-2). Seven stations (191A, 170A, 132A, 126A, 171A, 158C, and 82A) had concentrations above 60 $\mu g\ g^{-1}$ in their bottom sediments. Thirteen stations were classified as heavily polluted when compared with the 1977 EPA guidelines. Most of these locations are downstream from possible municipal or industrial sources.

Iron

Concentrations of total iron (Fig. A-3) in bottom sediments were quite evenly distributed between 12 and 42 $mg\ g^{-1}$ (12 000-42 000 $\mu g\ g^{-1}$). Every sample violated the

Table 3. Bottom Sediment Criteria

Parameter	MOE dredge spoil objective	Thomas and Mudroch's guidelines	EPA heavily polluted category
Cadmium ($\mu g\ g^{-1}$)	1	1.5	>6
Chromium ($\mu g\ g^{-1}$)	25	120	>75
Copper ($\mu g\ g^{-1}$)	25	45	>50
Iron ($\mu g\ g^{-1}$)	10 000	45 500	>25 000
Lead ($\mu g\ g^{-1}$)	50	50	>60
Manganese ($\mu g\ g^{-1}$)	–	1 625	>500
Mercury ($\mu g\ g^{-1}$)	0.3	0.3	>1.0
Nickel ($\mu g\ g^{-1}$)	25	90	>50
Arsenic ($\mu g\ g^{-1}$)	8	8	>8
Zinc ($\mu g\ g^{-1}$)	100	105	>200
PCBs ($\mu g\ g^{-1}$)	0.05	0.05	>10
Cyanide ($\mu g\ g^{-1}$)	0.1	0.1	>0.25
COD ($mg\ g^{-1}$)	50	50	>80
Oil and grease ($mg\ g^{-1}$)	1.5	1.5	>2.0
Percentage loss on ignition (%)	6	6	>8
Total P ($\mu g\ g^{-1}$)	1 000	1 000	>650

MOE dredge spoil objective of 10 000 $\mu g\ g^{-1}$. Sixteen of the stations sampled were classified as heavily polluted when compared with the 1977 EPA guidelines.

Lead

Lead concentrations (Fig. A-4) varied from the detection limit of 50 $\mu g\ g^{-1}$ to a high of 190 $\mu g\ g^{-1}$ at station 127A in the Oswegatchie River at Ogdensburg, N.Y. Twenty-seven of the stations were above the EPA heavily polluted category of 60 $\mu g\ g^{-1}$. Eight stations (170A, 131A, 106A, 78-NA, 171A, 169B, 164B, and 127A) were above 120 $\mu g\ g^{-1}$, more than twice the objective. Most of these locations are downstream from probable sources.

Manganese

Manganese concentrations (Fig. A-5) ranged from 240 $\mu g\ g^{-1}$ to 1000 $\mu g\ g^{-1}$ at station 185-SB, just downstream from Cape Vincent. Sixteen of the stations sampled were classified as heavily polluted when compared with the 1977 EPA guidelines.

Mercury

Most of the samples collected showed mercury concentrations below the MOE dredge spoil objective of 0.3 $\mu g\ g^{-1}$. However, stations 170A, 169B, 164A, and 78-NA (Fig. A-6), where the highest concentration of 4.9 $\mu g\ g^{-1}$ was found, were above this criterion. These "hot spots" indicate small sources of mercury at Gananoque and Clayton, and a larger source at Cornwall.

Nickel

Thirty-four of the 59 samples collected violated the MOE dredge spoil objective for nickel concentrations of 25 $\mu g\ g^{-1}$ (Fig. A-7). A high of 87 $\mu g\ g^{-1}$ was observed at station 171A just upstream from Clayton. Other stations with concentrations of nickel above 50 $\mu g\ g^{-1}$, and thus in the EPA heavily polluted category, were 185-NA, 172A, 172C, 170A, 106A, and 158C. None of the stations sampled had nickel concentrations as high as Thomas and Mudroch's revised guideline of 90 $\mu g\ g^{-1}$.

Arsenic

Only two of the samples collected violated the MOE dredge spoil objective for arsenic concentrations of 8 $\mu g\ g^{-1}$ (Fig. A-8). Station 185-SB (48 $\mu g\ g^{-1}$) and station 118C (8 $\mu g\ g^{-1}$) equaled or exceeded the objective. Other stations with somewhat higher arsenic concentrations, but below the objective, were stations 185-NA, 188B, 158B, and 112C.

Selenium

Selenium concentrations (Fig. A-9) ranged from 0.03 $\mu g\ g^{-1}$ at station 77B to 1.5 $\mu g\ g^{-1}$ at station 172C. Stations 172C, 106A, and 171A had elevated concentrations of selenium.

Zinc

Twenty-six of the 57 samples collected (Fig. A-10) were in violation of the MOE dredge spoil objective for zinc concentrations of 100 $\mu g\ g^{-1}$. Values above the 200 $\mu g\ g^{-1}$ EPA heavily polluted category were observed at stations 191A, 172A, 170A, 78-NA, 171A, and 126C.

Organics

Of the 19 organic contaminants analyzed for in the bottom sediments (Table 2), nine compounds (lindane, α-BHC, heptachlor, heptachlor epoxide, aldrin, endrin, o,p'-DDT, α-endosulfan, and mirex) were not detected in any of the samples at the 0.001 $\mu g\ g^{-1}$ detection limit. Two compounds, p,p'-methoxychlor and β-endosulfan, were detected once at the 0.002 $\mu g\ g^{-1}$ level. Dieldrin was detected at only five stations at the 0.001 $\mu g\ g^{-1}$ level. α-Chlordane and γ-chlordane were detected three and five times respectively at the 0.001 $\mu g\ g^{-1}$ level. Hexachlorobenzene was detected five times at the 0.001-0.002 $\mu g\ g^{-1}$ level.

DDT and Metabolites

The o,p'-DDT metabolite was not found in any of the 57 samples analyzed.

Generally, values of p,p'-TDE were low throughout the river system. This compound was found in 13 of the 57 samples collected. Several values above the detection limit in the 0.003-0.011 $\mu g\ g^{-1}$ range were observed at ranges 172 and 158 in the Gananoque-Rockport area.

Concentrations of p,p'-DDE were normally below the detection limit of 0.001 $\mu g\ g^{-1}$ as this compound was detected at only 5 of the 57 stations sampled. High values of this compound were found at station 84 in the Grass River (0.090 $\mu g\ g^{-1}$) and at stations 82 (0.060 $\mu g\ g^{-1}$) and 78S (0.057 $\mu g\ g^{-1}$) immediately downstream from the Grass River. This would indicate that there has been a source of either this compound or p,p'-DDT that has been transformed in the biological system to p,p'-DDE in the Grass River.

The parent compound, p,p'-DDT, was observed in low concentrations at the detectable level of 0.001 $\mu g\ g^{-1}$ at

five of the stations sampled. It was also observed at higher levels at station 126A (0.005 $\mu g\ g^{-1}$) and at station 132A (0.021 $\mu g\ g^{-1}$). These levels indicate probable sources of p,p'-DDT at Maitland and Prescott.

PCBs

Low levels of PCBs were detected at most of the stations sampled (Fig. A-11). Levels above the 0.05 $\mu g\ g^{-1}$ MOE dredge spoil objective occurred at 10 of the 57 stations sampled. Highest values occurred at stations 84A (1.51 $\mu g\ g^{-1}$) in the Grass River and at station 82B (1.59 $\mu g\ g^{-1}$) downstream from the Grass River. Station 78-SB, farther downstream from the Grass River source, was also quite high at 0.64 $\mu g\ g^{-1}$. Other small local sources of PCBs would appear to be present at Gananoque, Alexandria Bay, and the Raquette and St. Regis rivers.

Other Analyses

Cyanide

Every sample collected (52) (Fig. A-12) violated the MOE dredge spoil objective for cyanide concentrations of 0.1 $\mu g\ g^{-1}$, and only one sample would not be classified as heavily polluted using the EPA guideline of 0.25 $\mu g\ g^{-1}$. Values ranged up to 3.3 $\mu g\ g^{-1}$ at stations 185-SA and 191D. No sample was found with less than 0.2 $\mu g\ g^{-1}$, twice the MOE dredge spoil objective. Stations 191D, 172B, 185-SA, and 82A were above 2.0 $\mu g\ g^{-1}$.

Phenols

Concentrations of total phenols (Fig. A-13) above the 2.0 $\mu g\ g^{-1}$ level were found at stations 185-SA, 169B, and 164B. Most other stations were in the 0.0-1.0 $\mu g\ g^{-1}$ range.

Chemical Oxygen Demand

Chemical oxygen demand (COD) (Fig. A-14) ranged from 0.0 to 350 mg g^{-1}. The MOE dredge spoil objective of 50 mg g^{-1} was violated at numerous stations. Many stations were classified as heavily polluted when compared with the 1977 EPA guidelines. Highest values occurred at stations 170A (223 mg g^{-1}) and 164B (354 mg g^{-1}).

Oil and Grease

All samples were considerably higher than the MOE dredge spoil objective of 1.5 mg g^{-1} (Fig. A-15). The highest values recorded were at stations 191A (1125 mg g^{-1}) and 78-NA (1147 mg g^{-1}). Both of these stations have local inputs from Kingston and Cornwall respectively. All of the stations sampled were classified as heavily polluted when compared with the 1977 EPA guidelines.

Percentage of Loss at 105°C

The loss on ignition test at 105°C gives an indication of how compressed the sediment is at each location. Generally, the samples varied from about 20% to about 75% water (Fig. A-16). Highest values were found at stations 191A (75%), 171A (73%), and 164B (74%). Perhaps this is one of the reasons that the contaminants are often highest at these stations. Since the analyses were done on dry samples, those with highest water content would have highest concentrations of contaminants on a dry weight basis as well.

Percentage of Loss on Ignition

Twenty-two samples were above the MOE dredge spoil objective for loss on ignition of 6% (Fig. A-17). Seventeen of the stations sampled were classified as heavily polluted when compared with the EPA guidelines. Values as high as 27% were found at station 164B. Other stations with high values of organic content were stations 191A (17%), 170A (17%), 171A (13%), 164A (13%), and 77A (13%).

Total, Inorganic, and Organic Phosphorus

Total phosphorus concentrations were in violation of the MOE dredge spoil objective of 1000 $\mu g\ g^{-1}$ at nine of the stations sampled (Fig. A-18). Most of the stations sampled were classified as heavily polluted when compared with the 1977 EPA guidelines. Highest values were measured at stations 191A (1260 $\mu g\ g^{-1}$), 158B (1310 $\mu g\ g^{-1}$), and 129C (1470 $\mu g\ g^{-1}$).

Inorganic phosphorus concentrations were somewhat lower than total phosphorus and ranged from about 140 $\mu g\ g^{-1}$ to 1050 $\mu g\ g^{-1}$ (Fig. A-19). Highest values of inorganic phosphorus were found at station 158B (1050 $\mu g\ g^{-1}$).

Organic phosphorus, the difference between total and inorganic phosphorus, had highest values at stations 171A (450 $\mu g\ g^{-1}$), 170A (340 $\mu g\ g^{-1}$), 164B (410 $\mu g\ g^{-1}$), and 77A (340 $\mu g\ g^{-1}$) (Fig. A-20).

SUMMARY

When compared with several criteria for dredge spoil disposal of bottom sediments, it was found that the sediments at many of these stations were not suitable for open

Table 4. Possible Municipal, Industrial, and Tributary Sources of Contaminants

Source	Contaminants and other analyses
Grass River	p,p′-DDE (or p,p′-DDT), PCBs
St. Regis River	PCBs, organic P, percentage loss on ignition
Raquette River	PCBs
Oswegatchie River (Ogdensburg)	Pb, Zn
Cataraqui Bay	Cr, Cu, CN, Ni, Zn, TP, oil and grease, percentage loss at 105°C, percentage loss on ignition
Lake Ontario	Mn, As
Kingston	Ni, As
Gananoque	Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, COD, PCBs, p,p′-TDE, percentage loss on ignition, organic P
Cornwall	Hg, Pb, Zn, oil and grease
Clayton	Phenols, percentage loss at 105°C, organic P, Pb, COD, Cr, Cu, Ni, Zn, percentage loss on ignition
Rockport	p,p′-TDE
Alexandria Bay	PCBs, TP, Cu, Ni, As, Cr, inorganic P
Prescott	p,p′-DDT, Cu
Cape Vincent	As, CN, Mn, phenols
Reynolds Metals Co.	CN, Cd, Cu
Maitland (Dupont)	Pb, Cu, p,p′-DDT

water disposal. A summary of the possible municipal, industrial, or tributary sources of contaminants found in sediments in the river near their discharges is given in Table 4. Many of these sources appear to be significant.

All samples collected violated the MOE objectives for iron, cyanide, and oil and grease. Numerous samples violated the MOE objectives for chromium, copper, lead, nickel, zinc, chemical oxygen demand, and loss on ignition. Cornwall appears to be a significant source of mercury, and the Grass River a significant source of p,p′-DDE and PCBs. Transboundary pollution may be occurring downstream from these sources in Quebec and U.S. waters.

Since many of these objectives are consistently violated, it would appear that either the objectives are too low and need to be revised, or the sources are not controlled enough and inputs need to be reduced so that further degradation of the bottom sediments does not occur.

REFERENCES

Environment Canada. 1979. *Analytical Methods Manual*. Water Quality Branch, Inland Waters Directorate, Ottawa, Ont.

Ontario Ministry of the Environment. 1976. Evaluating Construction Activities Impacting on Water Resources (Construction Handbook). Toronto, Ont.

Thomas, R.L., and A. Mudroch. 1979. Small craft harbours—Sediment survey, Lakes Ontario, Erie and Lake St. Clair, 1978, Dredging summary and protocol. Report to the Great Lakes Biolimnology Laboratory, Burlington, Ont.

United States Environmental Protection Agency. 1975. Regulations Governing Discharge of Dredged or Filled Material in Navigable Waters. Federal Register, Vol. 40, No. 173, pp. 41 292-98.

Appendix

Bottom Sediment Survey Results, St. Lawrence River, June 1975

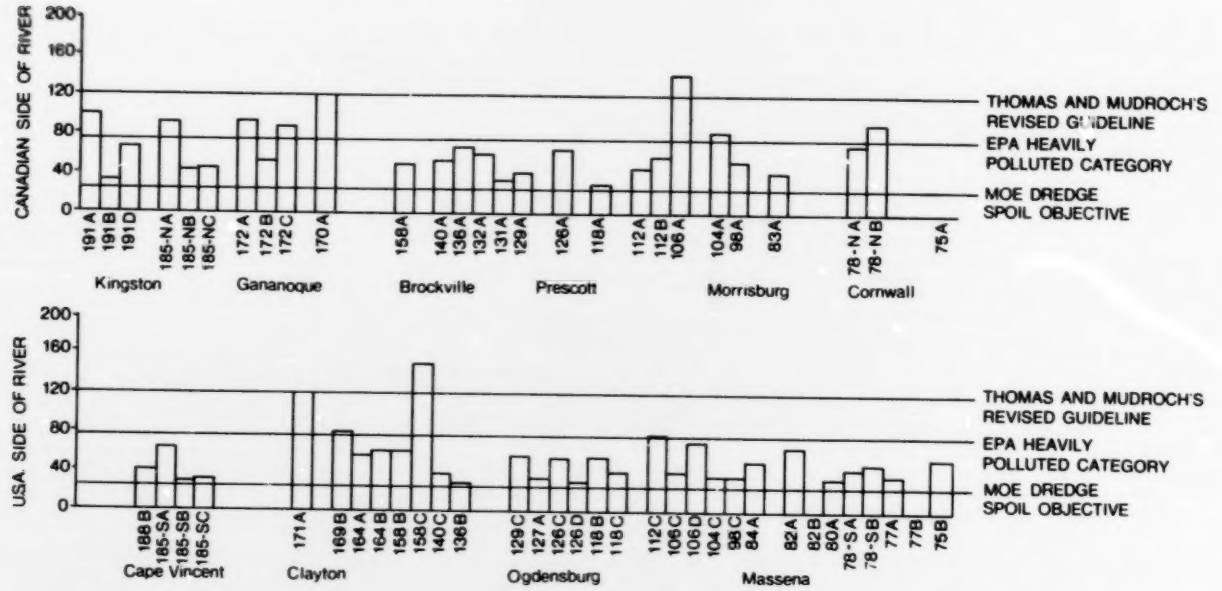

Figura A-1. Chromium ($\mu g\ g^{-1}$).

Figure A-2. Copper ($\mu g\ g^{-1}$).

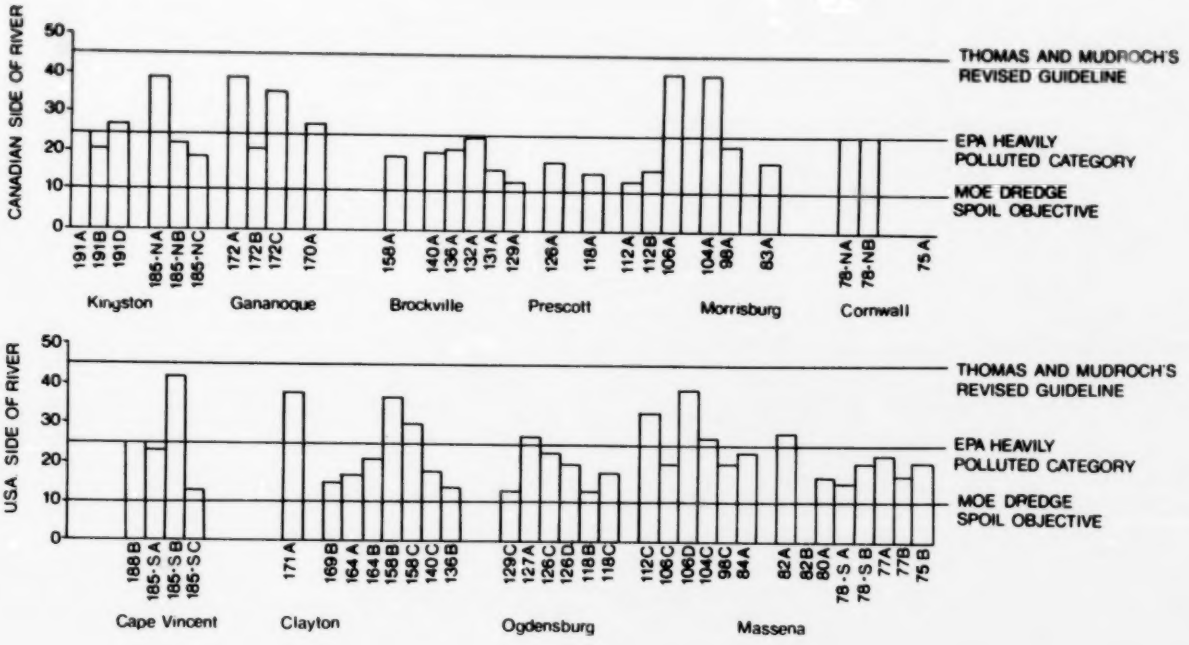

Figure A-3. Iron ($mg\ g^{-1}$).

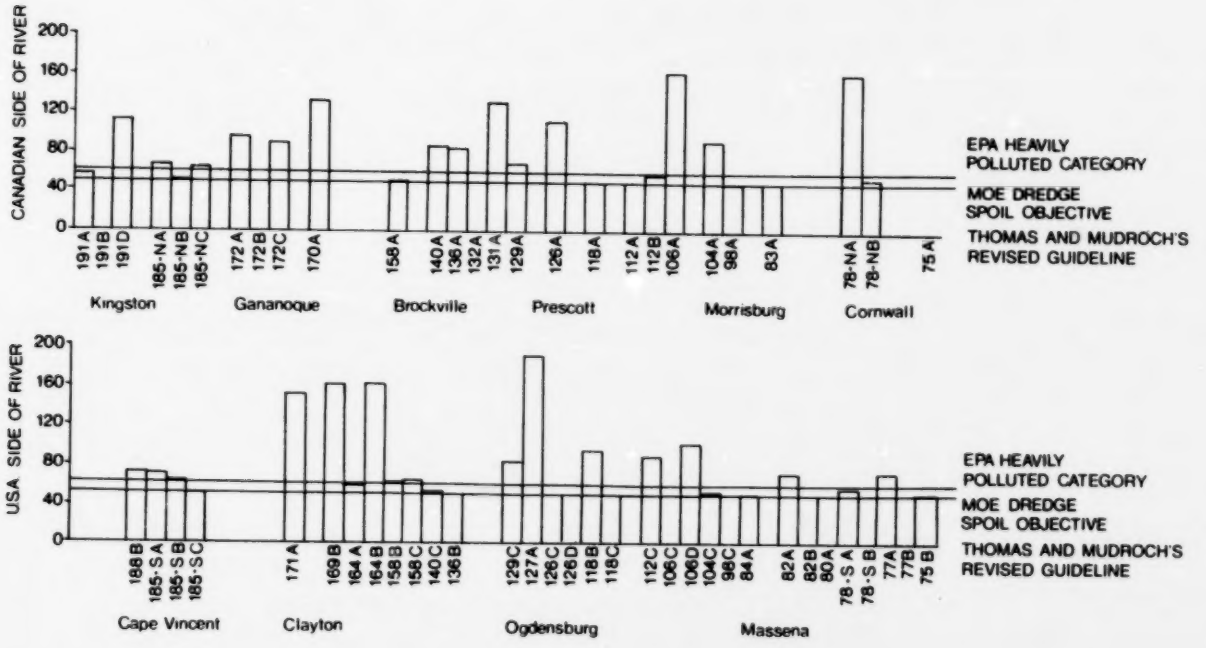

Figure A-4. Lead ($\mu g\ g^{-1}$).

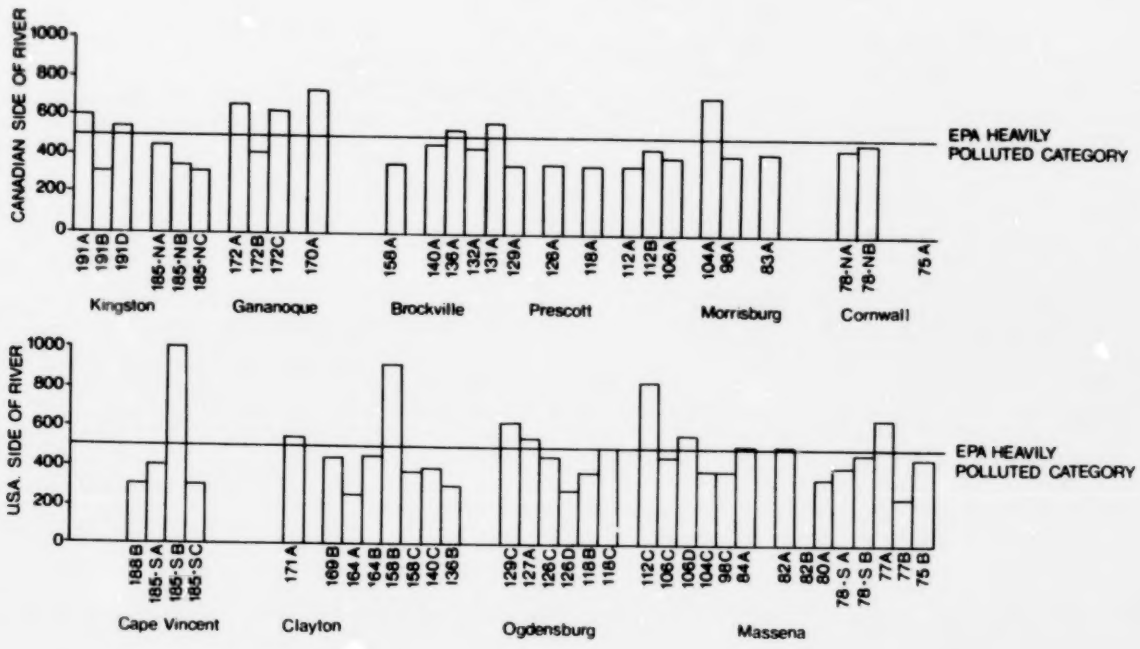

Figure A-5. Manganese ($\mu g\ g^{-1}$).

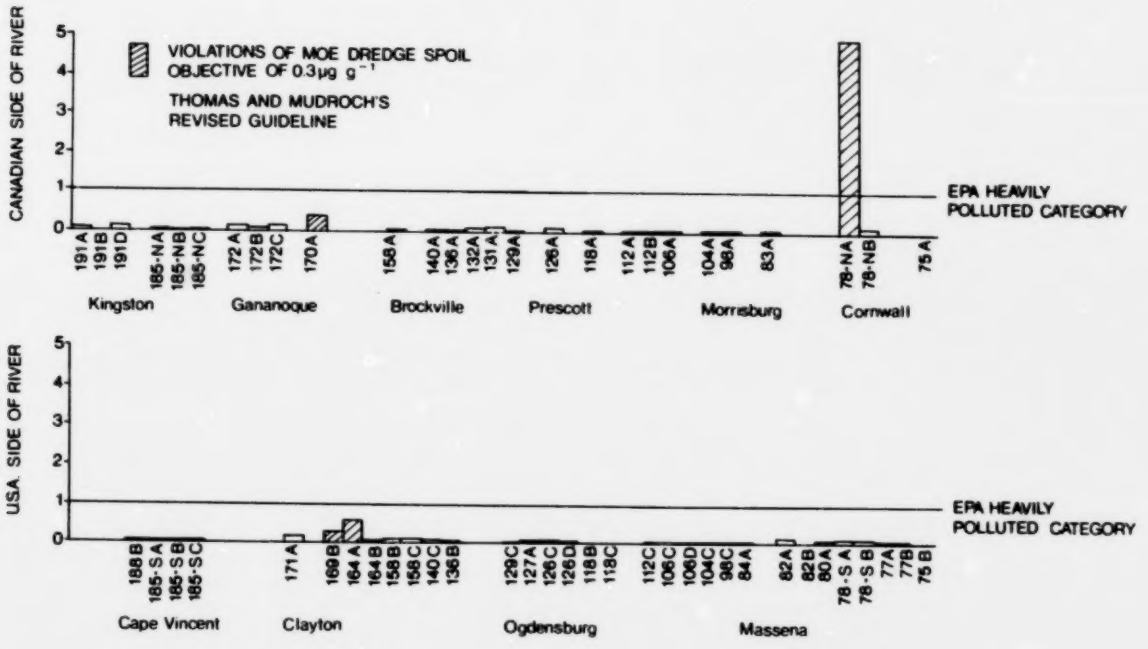

Figure A-6. Mercury ($\mu g\ g^{-1}$).

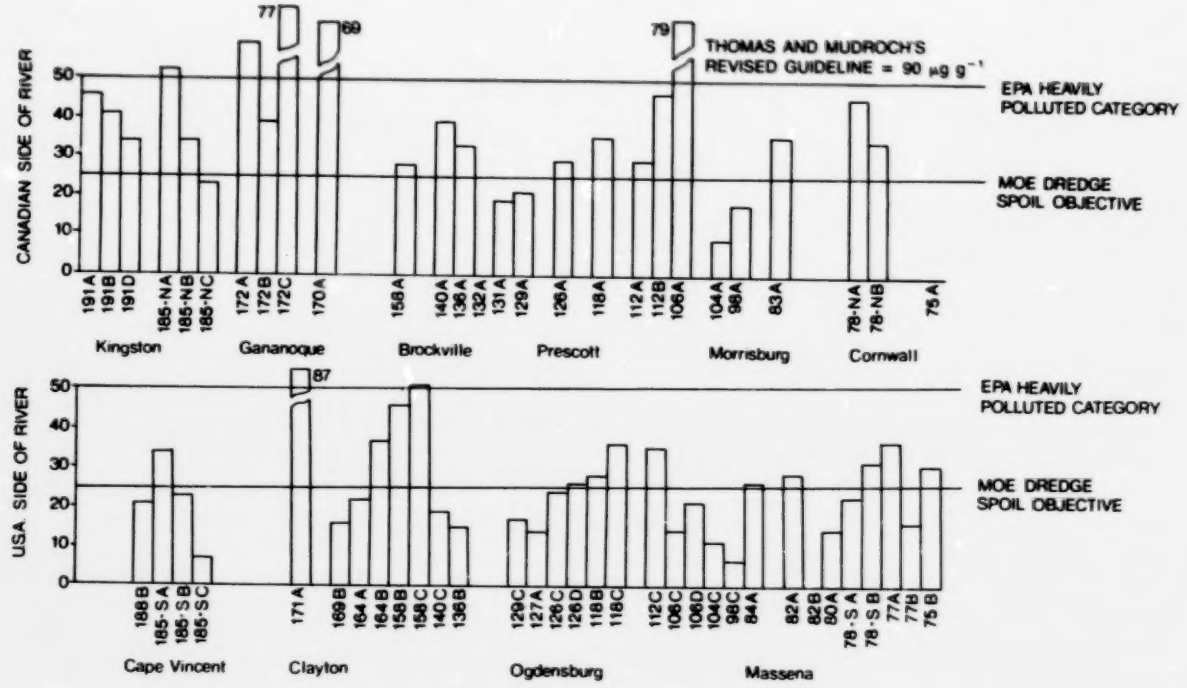

Figure A-7. Nickel ($\mu g\ g^{-1}$).

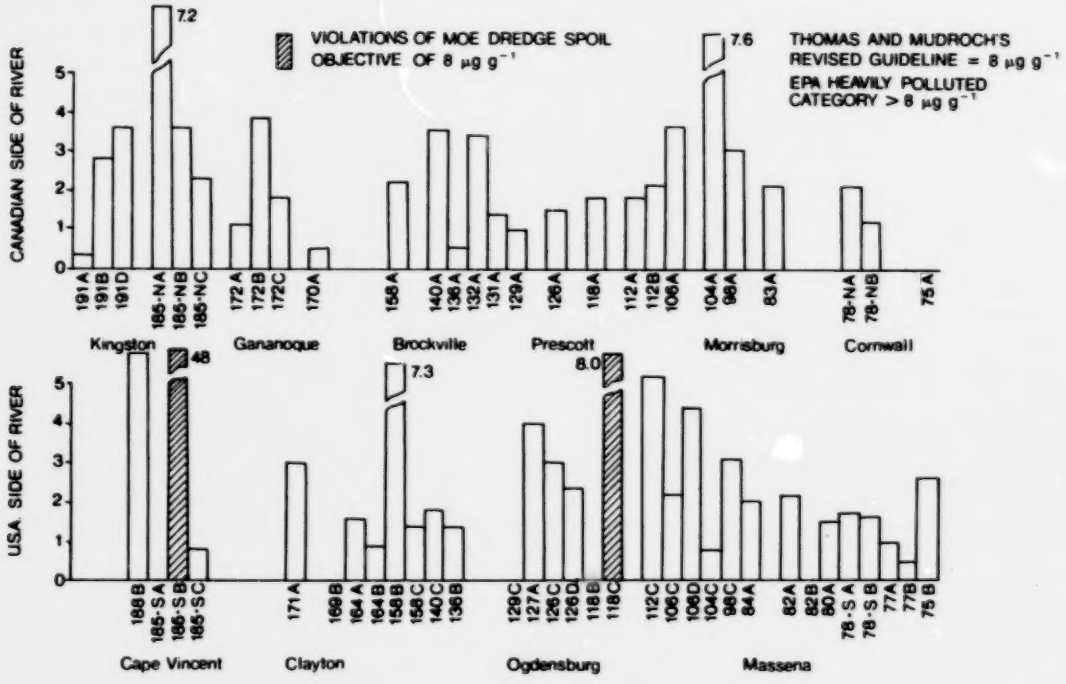

Figure A-8. Arsenic ($\mu g\ g^{-1}$).

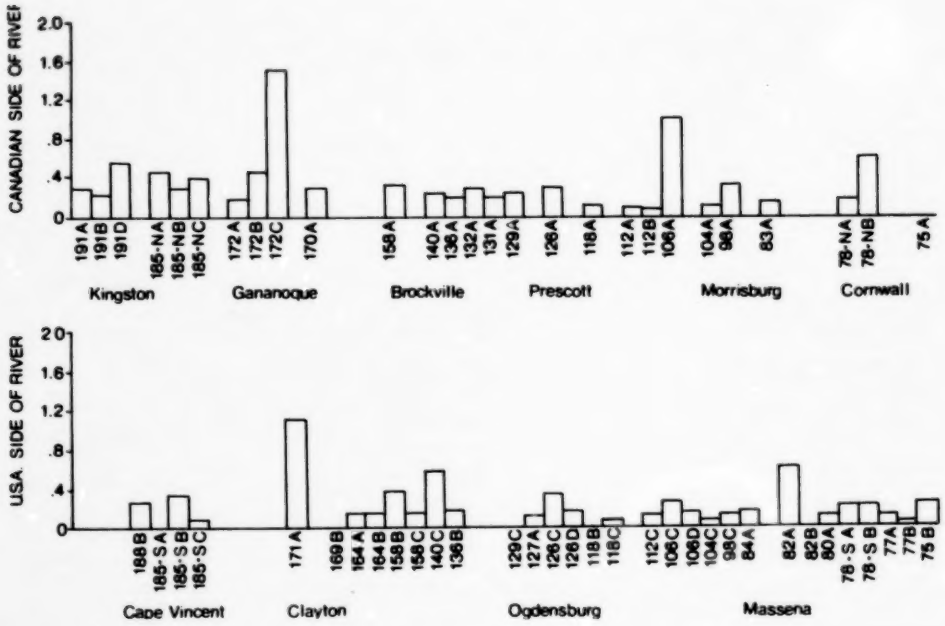

Figure A-9. Selenium ($\mu g\ g^{-1}$).

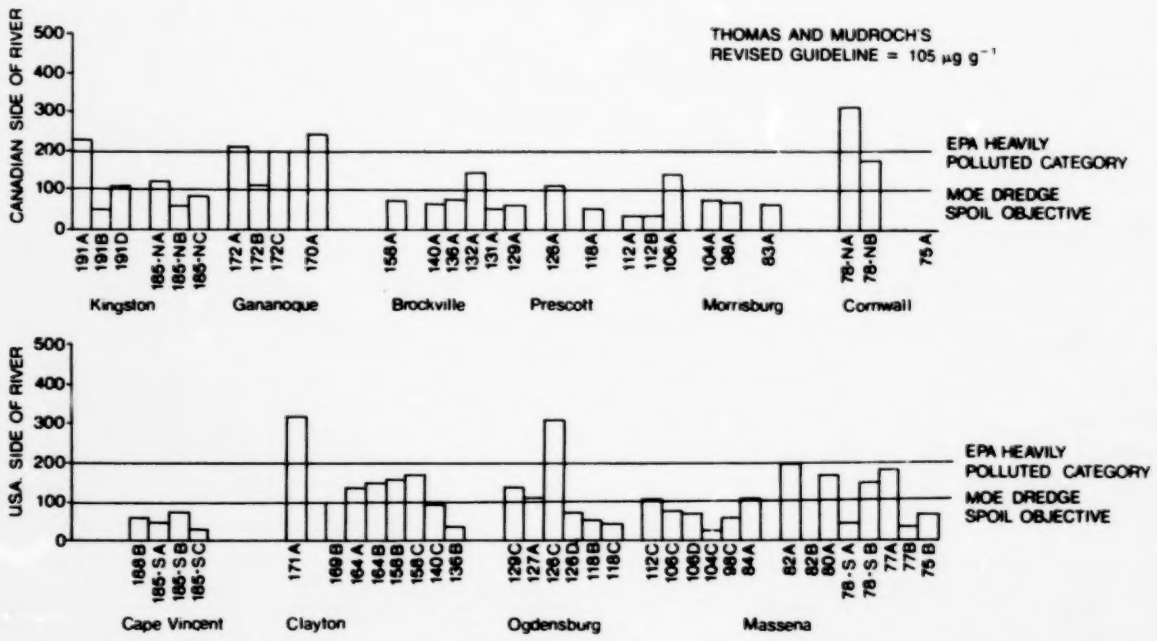

Figure A-10. Zinc ($\mu g\ g^{-1}$).

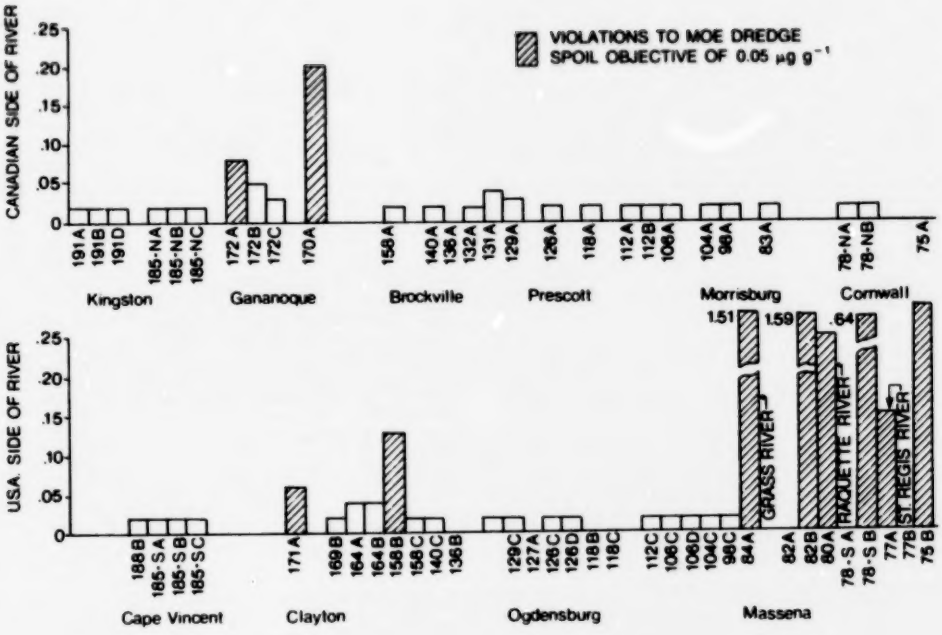

Figure A-11. PCBs ($\mu g\ g^{-1}$).

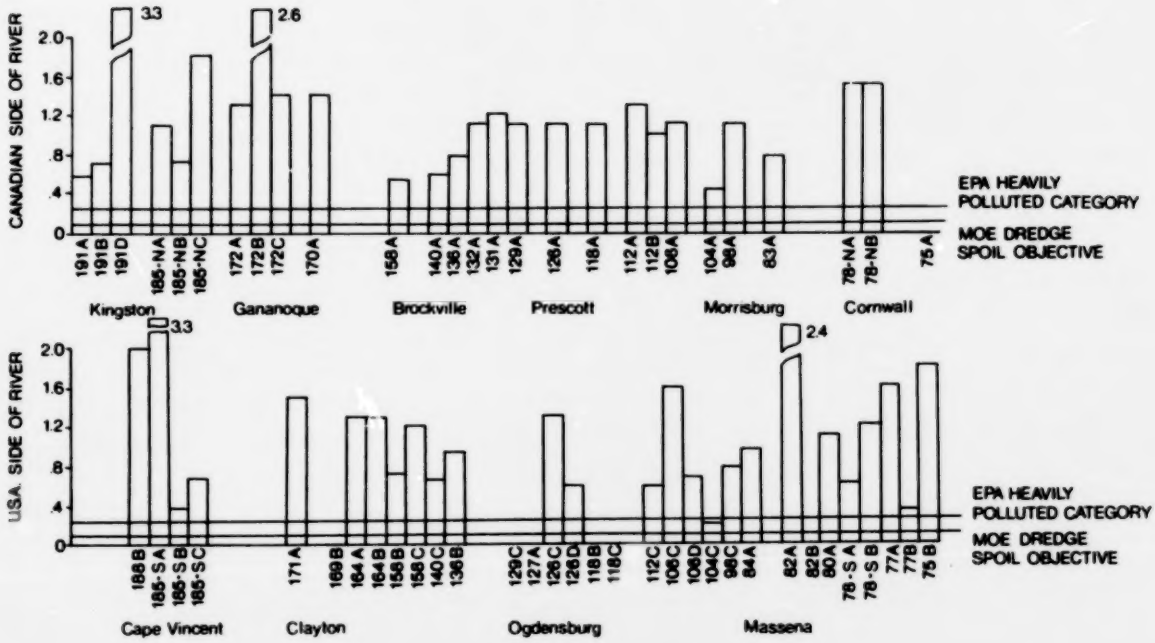

Figure A-12. Cyanide ($\mu g\ g^{-1}$).

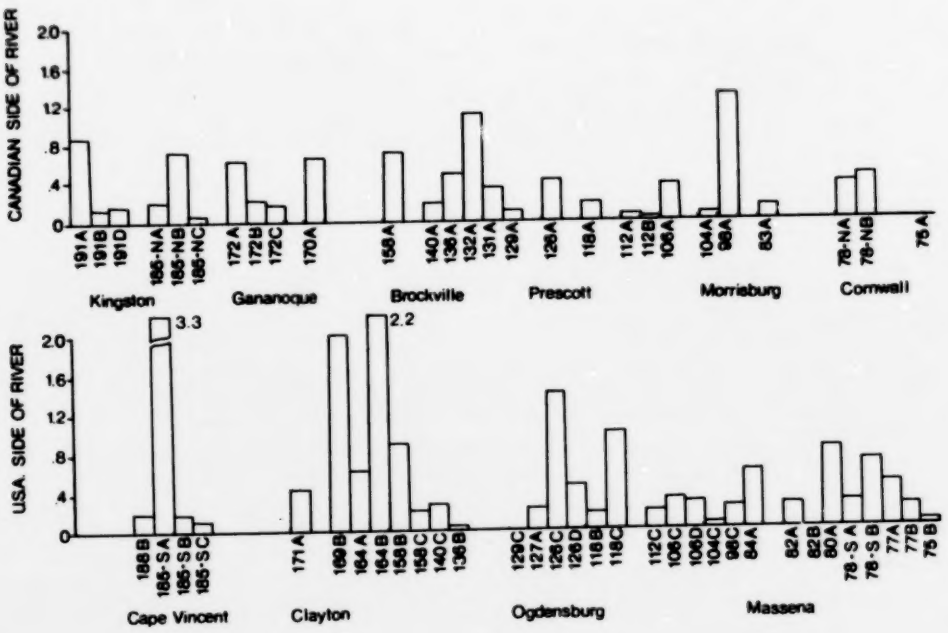

Figure A-13. Phenols ($\mu g\ g^{-1}$).

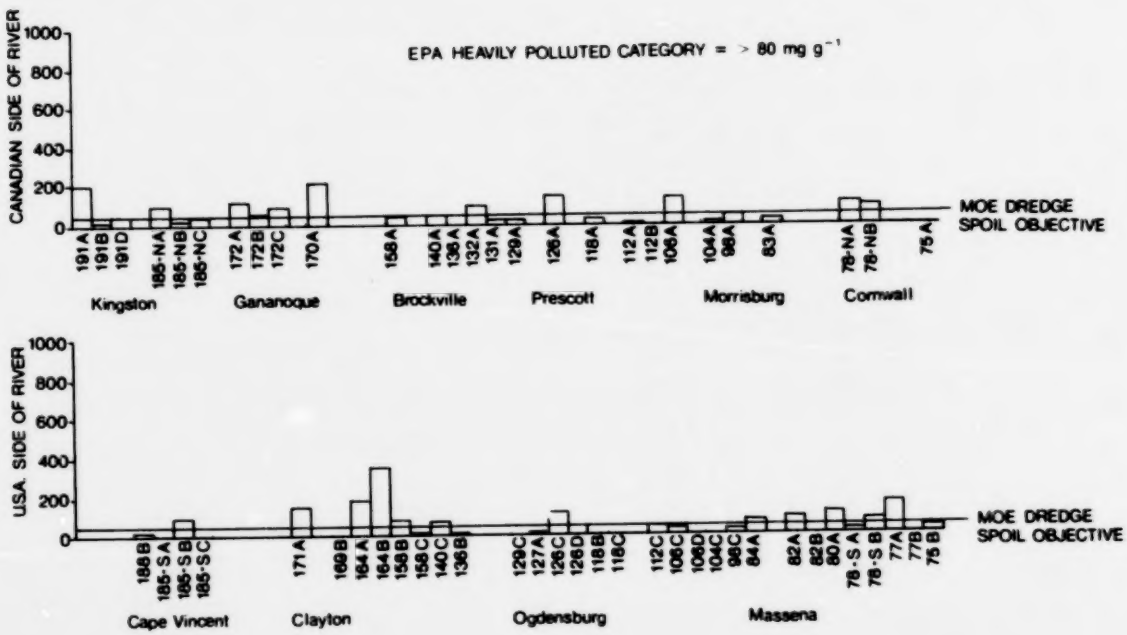

Figure A-14. Chemical oxygen demand ($mg\ g^{-1}$).

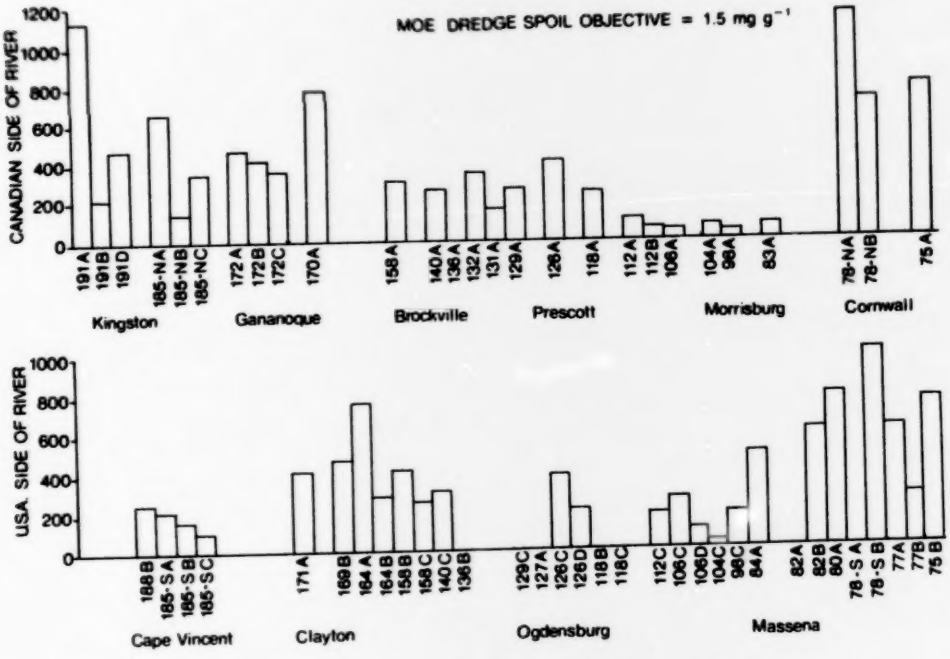

Figure A-15. Oil and grease (mg g^{-1}).

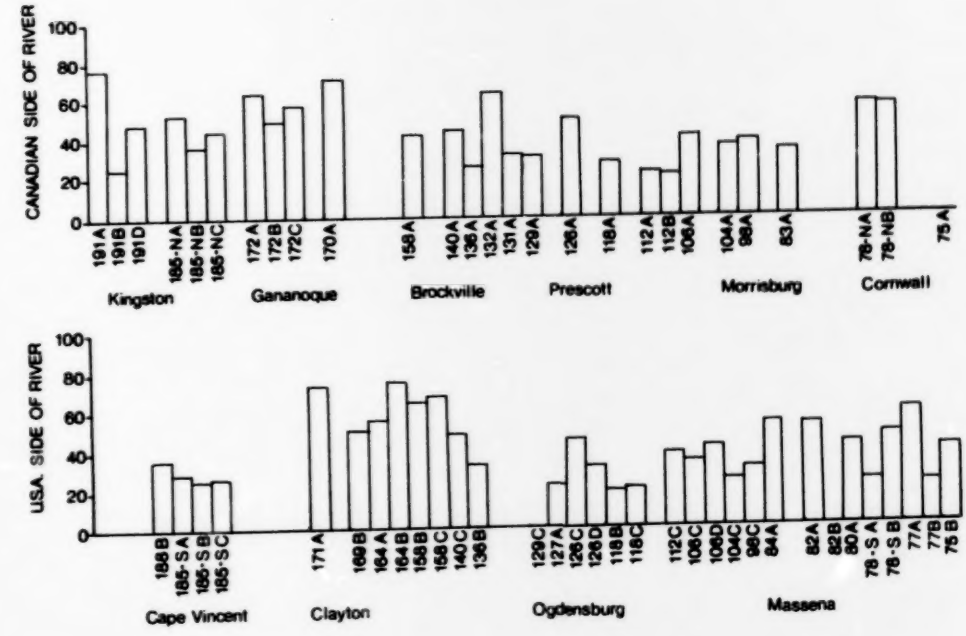

Figure A-16. Percentage of loss at 105°C.

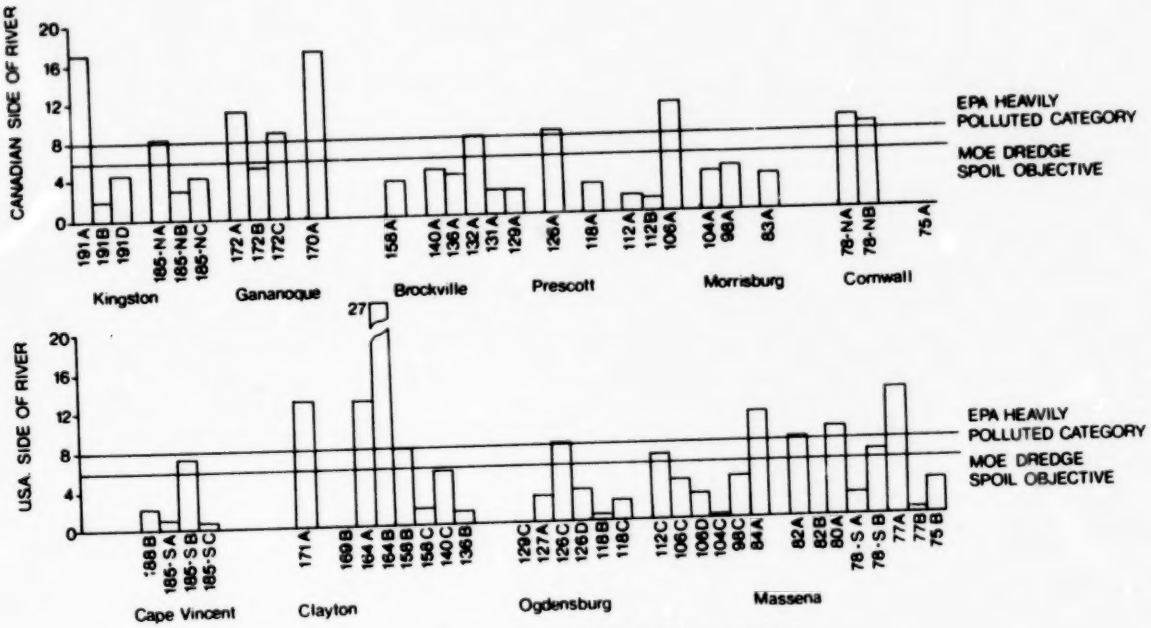

Figure A-17. Percentage of loss on ignition.

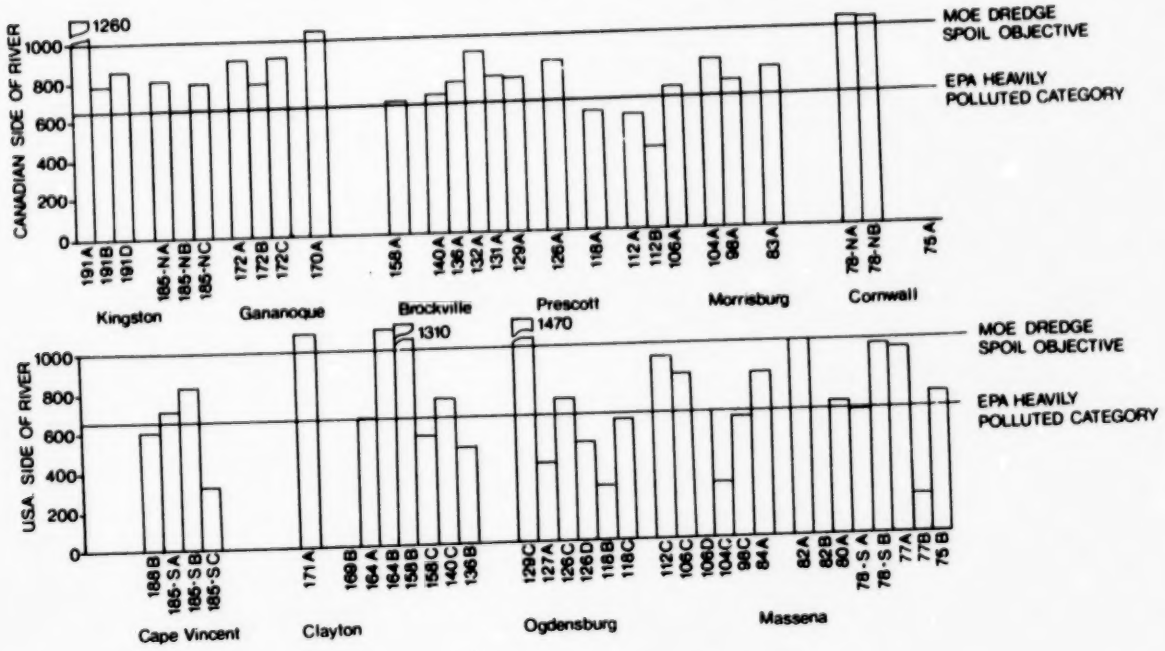

Figure A-18. Total phosphorus ($\mu g\ g^{-1}$).

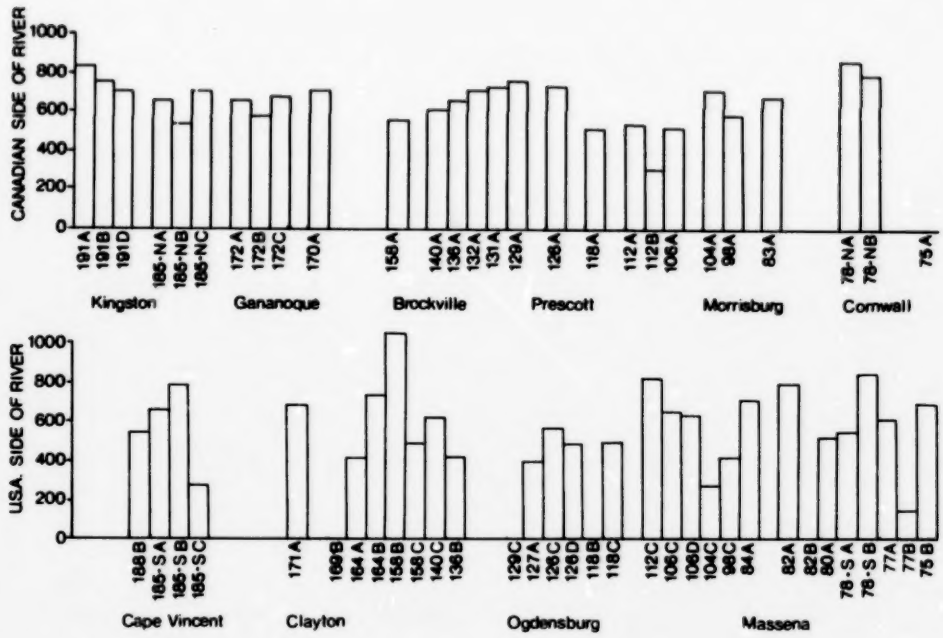

Figure A-19. Inorganic phosphorus ($\mu g\ g^{-1}$).

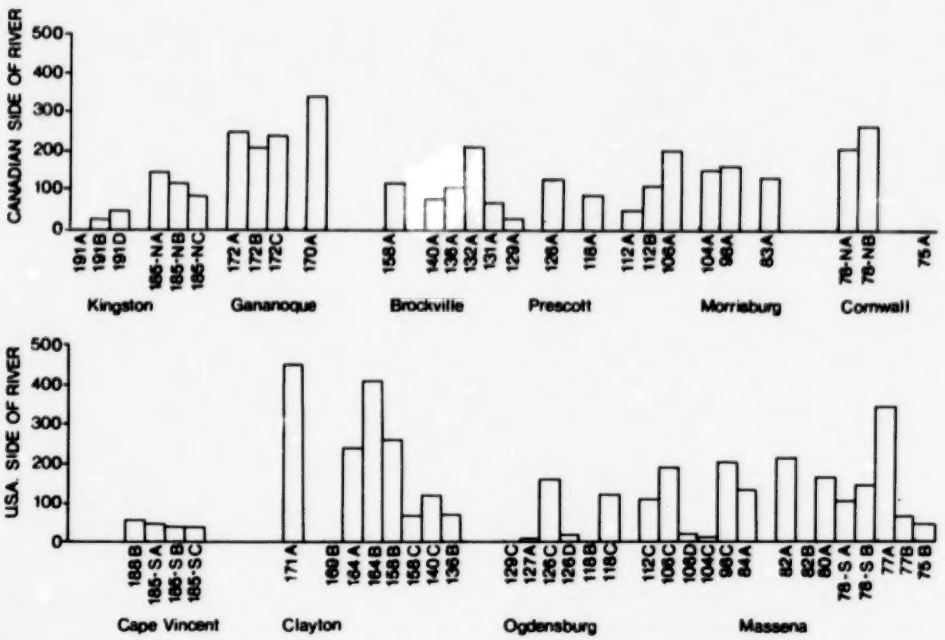

Figure A-20. Organic phosphorus ($\mu g\ g^{-1}$)

Environnement Canada
Environment Canada

Contaminants dans les sédiments de fond du fleuve Saint-Laurent en juin 1975

K.W. Kuntz

ÉTUDE N° 147, COLLECTION DES RAPPORTS TECHNIQUES

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
RÉGION DE L'ONTARIO
DIRECTION DE LA QUALITÉ DES EAUX
BURLINGTON (ONTARIO) 1988

(Available in English on request)

Publié avec l'autorisation
du ministre de l'Environnement

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1988

N° de cat. En 36-503/147F

ISBN 0-662-94880-7

Table des matières

Page

RÉSUMÉ v

ABSTRACT v

INTRODUCTION 1

MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE 1

RÉSULTATS 2
- Critères 2
- Métaux à l'état de traces 3
  - Cadmium 3
  - Chrome 3
  - Cuivre 3
  - Fer 4
  - Plomb 4
  - Manganèse 4
  - Mercure 4
  - Nickel 4
  - Arsenic 4
  - Sélénium 4
  - Zinc 4
- Matières organiques 4
  - DDT et ses métabolites 4
  - BPC 5
- Autres analyses 5
  - Cyanures 5
  - Phénols 5
  - Demande chimique d'oxygène 5
  - Huiles et graisses 5
  - Perte (%) à 105 °C 5
  - Perte (%) par combustion 5
  - Phosphore organique, inorganique et total 5

SOMMAIRE 6

RÉFÉRENCES 6

ANNEXE. Résultats de l'étude des sédiments de fond, fleuve Saint-Laurent, juin 1975 7

Tableaux

1. Sédiments de fond dans le fleuve Saint-Laurent 2

2. Paramètres analysés 3

Tableaux (suite)

Page

3. Critères des sédiments de fond 3

4. Sources possibles des contaminants : villes, industries et affluents 6

Illustrations

Figure 1. Échantillonneur de sédiments de fond. 1

Figure 2. Transects et stations d'échantillonnage. 1

Résumé

Les résultats d'une campagne sédimentologique réalisée à 59 stations le long du bief international du Saint-Laurent, entre le lac Ontario et les limites du Québec, en juin 1975, font l'objet d'une discussion. Les données sommaires relatives aux matières organiques et aux métaux à l'état de traces sont comparées à divers critères. Enfin, les villes, les industries et les affluents, qui sont une source possible de contaminants et qui ne respectent pas ces critères, sont identifiés.

Abstract

Results from a survey of bottom sediments conducted at 59 stations along the international section of the St. Lawrence River between Lake Ontario and the Quebec border in June 1975 are discussed. Summaries of trace organic and trace metal data are compared to various criteria, and possible municipal, industrial, and tributary sources of contaminants are identified.

Contaminants dans les sédiments de fond du fleuve Saint-Laurent en juin 1975

K.W. Kuntz

INTRODUCTION

En juin 1975, la Direction de la qualité des eaux, Région de l'Ontario (DQE-RO), entreprenait une étude des sédiments de fond du bief international du fleuve Saint-Laurent, entre le lac Ontario et les limites du Québec, afin d'en déterminer la composition chimique et de trouver les principales sources de contaminants toxiques (tant les matières organiques que les métaux à l'état de traces). Des échantillons étaient prélevés à 59 stations de ce bief du fleuve, tandis qu'à 11 autres endroits les efforts avaient échoué en raison du type de matériaux de fond présents.

MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

Les prélèvements de sédiments de fond à l'aide d'un échantillonneur US BM-54 (figure 1) avaient eu lieu aux stations indiquées sur la figure 2. L'échantillonneur est doté d'aillettes qui lui permettent de maintenir sa position dans le courant. Lorsqu'il est soutenu par un câble ou un cordage, il est en position ouverte pour prélever un échantillon du lit. Lorsque la tension du câble est relâchée et que l'échantillonneur repose sur le lit du fleuve, il recueille la couche supérieure des sédiments, soit environ 2.5 cm. L'échantillon enfermé dans un godet arrive intact à la surface de l'eau lorsqu'on remonte l'échantillonneur.

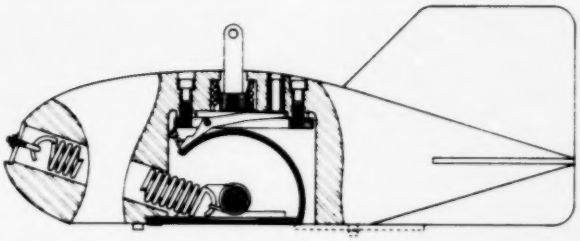

Figure 1. Échantillonneur de sédiments de fond (US BM-54).

Le tableau 1 donne une description de ces sédiments. Les métaux et les contaminants organiques énumérés au tableau 2 étaient analysés selon les méthodes données dans le *Manuel des méthodes analytiques* (Environnement Canada, 1986). Tous les échantillons étaient recueillis dans des bouteilles de plastique prélavées (pour les métaux) et des récipients d'aluminium prélavés (pour les substances organiques), puis immédiatement congelés à l'aide de glace carbonique et conservés dans cet état jusqu'à leur analyse.

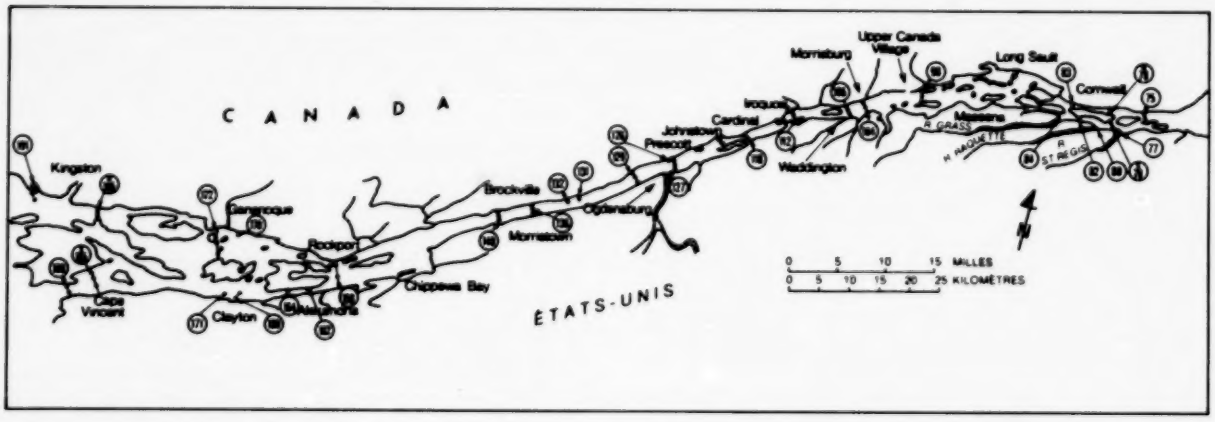

Figure 2. Transects et stations d'échantillonnage.

Tableau 1. Sédiments de fond dans le fleuve Saint-Laurent

Station	Date	Description
191A	75-11-06	argile limoneuse fine
191B	75-11-06	argile limoneuse fine
191C	75-11-06	pas de prélèvement
191D	75-11-06	argile limoneuse fine, grise
188A	75-05-06	pas de prélèvement
188B	75-05-06	argile limoneuse fine
185NA	75-10-06	boue noire
185NB	75-10-06	boue argileuse
185NC	75-10-06	boue argileuse
185SA	75-05-06	sable
185SB	75-05-06	sable
185SC	75-05-06	sable
172A	75-10-06	boue
172B	75-10-06	boue
172C	75-10-06	boue
171A	75-10-06	sable et boue
170A	75-10-06	boue, végétation et matières organiques
169A	75-10-06	pas de prélèvement
169B	75-10-06	roches et coquillages
164A	75-10-06	argile et boue
164B	75-10-06	boue
162A	75-10-06	pas de prélèvement
158A	75-10-06	argile boueuse et coquillages de bivalves
158B	75-10-06	argile boueuse et coquillages de bivalves
158C	75-10-06	argile boueuse et coquillages de bivalves
140A	75-07-06	argile limoneuse
140B	75-07-06	pas de prélèvement
140C	75-07-06	argile limoneuse
136A	75-07-06	sable et gravier
136B	75-07-06	sable et gravier
136C	75-07-06	pas de prélèvement
132A	75-07-06	sable fin
131A	75-07-06	sable fin
129A	75-07-06	argile limoneuse
129B	75-07-06	pas de prélèvement
129C	75-07-06	débris organiques
127A	75-07-06	gravier grossier
126A	75-07-06	argile limoneuse
126B	75-07-06	pas de prélèvement

Tableau 1. (Suite)

Station	Date	Description
126C	75-07-06	sable, limon et racines
126D	75-07-06	sable, limon et racines
118A	75-07-06	sable
118B	75-07-06	gravier
118C	75-07-06	gravier
112A	75-08-06	sable fin
112B	75-08-06	sable grossier
112C	75-08-06	sable et boue
106A	75-08-06	sable et gravier
106B	75-08-06	pas de prélèvement
106C	75-08-06	sable
106D	75-08-06	argile et till
104A	75-08-06	argile limoneuse et sable
104B	75-08-06	pas de prélèvement
104C	75-08-06	sable
98A	75-08-06	sable limoneux
98B	75-08-06	pas de prélèvement
98C	75-08-06	sable et matières organiques
84A	75-09-06	pas de description
83A	75-09-06	sable fin et roche
82A	75-09-06	boue
82B	75-09-06	boue
80A	75-09-06	boue noire
78NA	75-09-06	boue
78NB	75-09-06	boue
78SA	75-09-06	gravier et coquillages
78SB	75-09-06	boue
77A	75-09-06	pas de description
77B	75-09-06	sable brun grossier
75A	75-09-06	sable
75B	75-09-06	pas de description

RÉSULTATS

Critères

Plusieurs organismes gouvernementaux du Canada et des États-Unis ont proposé divers critères pour l'élimination des déblais de dragage des sédiments de fond, y compris le ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO) (1976), Thomas et Mudroch (1979) et la United States Environmental Protection Agency (EPA) (1975). Ces critères sont donnés au tableau 3 et serviront de référence pour tout le rapport.

Tableau 2. Paramètres analysés

Métaux à l'état de traces	Matières organiques	Autres
Cadmium	Lindane	Cyanures
Chrome	Heptachlore	Phénols
Cuivre	Aldrine	Demande chimique d'oxygène total
Fer	Heptachlore-époxyde	Phosphore inorganique
Plomb	p,p'-DDE	Phosphore total
Manganèse	Dieldrine	Perte à 105 °C
Mercure	p,p'-TDE(DDD)	Perte par combustion (550 °C)
Nickel	p,p'-DDT	Huiles et graisses
Arsenic	o,p'-DDT	
Sélénium	Endrine	
Zinc	α-chlordane	
	γ-chlordane	
	α-endosulfan	
	β-endosulfan	
	p,p'-méthoxychlore	
	BPC totaux	
	HCB	
	α-BHC	
	Mirex	

Métaux à l'état de traces

Cadmium

Les concentrations de cadmium dans les sédiments de fond étaient généralement égales ou inférieures à la limite de détection de 10 $\mu g\ g^{-1}$, sauf dans cinq des 56 échantillons analysés. Le maximum dosé était de 14 $\mu g\ g^{-1}$, à la station 82A, immédiatement en aval de la rivière Grass. La source probable de cette concentration élevée de cadmium serait les égouts industriels et sanitaires de la Reynold's Metals Co. juste en amont de la station. Le critère du MEO en matière de déblais de dragage est de 1 $\mu g\ g^{-1}$, soit 10 fois moins que la limite de détection.

Chrome

La répartition du chrome dans les sédiments de fond du fleuve Saint-Laurent (figure A-1) était relativement uniforme dans le réseau fluvial. Dans presque tous les échantillons, les teneurs étaient supérieures à 25 $\mu g\ g^{-1}$, critère établi par le MEO pour les déblais de dragage. Ces teneurs dépassaient 100 $\mu g\ g^{-1}$ à plusieurs stations (191A, 170A, 106A, 171A et 158C), toutes situées, à l'exception de 171A et de 106A, en aval de sources urbaines et industrielles. Douze stations ont été désignées comme étant très polluées, car les concentrations y dépassaient le critère de 75 $\mu g\ g^{-1}$ établi par l'EPA (tableau 3). En outre, dans quatre de ces stations, les concentrations excédaient le critère révisé de Thomas et Mudroch, soit 120 $\mu g\ g^{-1}$.

Cuivre

Dans 37 des stations échantillonnées, les concentrations de cuivre étaient supérieures au critère de 25 $\mu g\ g^{-1}$ établi par le MEO pour les déblais de dragage (figure A-2). Dans sept stations (191A, 170A, 132A, 126A, 171A, 158C et 82A), ces concentrations dépassaient 60 $\mu g\ g^{-1}$ dans les sédiments de fond. Selon les critères de l'EPA (1977), 13 stations étaient considérées comme très polluées. Elles se

Tableau 3. Critères des sédiments de fond

Paramètres	Critères du MEO pour l'élimination des déblais de dragage	Critères de Thomas et Mudroch	Sédiments très pollués selon l'EPA
Cadmium ($\mu g\ g^{-1}$)	1	1.5	>6
Chrome ($\mu g\ g^{-1}$)	25	120	>75
Cuivre ($\mu g\ g^{-1}$)	25	45	>50
Fer ($\mu g\ g^{-1}$)	10 000	45 500	>25 000
Plomb ($\mu g\ g^{-1}$)	50	50	>60
Manganèse ($\mu g\ g^{-1}$)	–	1 625	>500
Mercure ($\mu g\ g^{-1}$)	0.3	0.3	>1.0
Nickel ($\mu g\ g^{-1}$)	25	90	>50
Arsenic ($\mu g\ g^{-1}$)	8	8	>8
Zinc ($\mu g\ g^{-1}$)	100	105	>200
BPC ($\mu g\ g^{-1}$)	0.05	0.05	>10
Cyanures ($\mu g\ g^{-1}$)	0.1	0.1	>0.25
DCO ($\mu g\ g^{-1}$)	50	50	>80
Huiles et graisses ($\mu g\ g^{-1}$)	1.5	1.5	>2.0
Perte par combustion (%)	6	6	>8
P total ($\mu g\ g^{-1}$)	1 000	1 000	>650

trouvent, pour la plupart, en aval de sources urbaines ou industrielles possibles.

Fer

Les concentrations du fer total (figure A-3) dans les sédiments de fond étaient assez bien réparties entre 12 et 42 mg g^{-1} (12 000 à 42 000 $\mu g\ g^{-1}$). Le critère du MEO pour les déblais de dragage est de 10 000 $\mu g\ g^{-1}$, et aucun échantillon ne l'a respecté. Seize stations ont été jugées très polluées, selon les critères de l'EPA (1977).

Plomb

Les concentrations de plomb (figure A-4) se situaient entre la limite de détection, soit 50 $\mu g\ g^{-1}$, et un maximum de 190 $\mu g\ g^{-1}$, à la station 127A, dans la rivière Oswegatchie, à Ogdensburg (N.Y.). Dans 27 stations, elles dépassaient le critère de 60 $\mu g\ g^{-1}$ de l'EPA, ce qui fait que les sédiments sont très pollués. Dans huit stations (170A, 131A, 106A, 78NA, 171A, 169B, 164B et 127A), elles excédaient 120 $\mu g\ g^{-1}$, soit le double du critère. La plupart de ces stations sont situées en aval de sources probables.

Manganèse

Les concentrations de manganèse (figure A-5) s'échelonnaient entre 240 $\mu g\ g^{-1}$ et, à la station 185SB, en aval de Cape Vincent, 1000 $\mu g\ g^{-1}$. Seize stations échantillonnées ont été jugées très polluées en regard des critères de l'EPA (1977).

Mercure

La plupart des échantillons prélevés se conformaient au critère du MEO pour les déblais de dragage, qui est de 0.3 $\mu g\ g^{-1}$, sauf ceux des stations 170A, 169B, 164A et 78NA (figure A-6), où l'on a dosé la concentration la plus élevée de 4.9 $\mu g\ g^{-1}$. Il y aurait donc des sources mineures de mercure à Gananoque et à Clayton et une source plus importante à Cornwall.

Nickel

Dans 34 des 59 échantillons prélevés, le critère des concentrations de nickel de 25 $\mu g\ g^{-1}$ fixé par le MEO pour les déblais de dragage (figure A-7) n'était pas respecté. Une concentration élevée de 87 $\mu g\ g^{-1}$ a été observée à la station 171A, en amont immédiat de Clayton. Les autres stations où les concentrations de nickel dépassaient 50 $\mu g\ g^{-1}$, et qui se classent donc dans la catégorie très polluée de l'EPA, étaient les suivantes : 185NA, 172A, 172C, 170A, 106A et 158C. Dans aucune des stations le critère de 90 $\mu g\ g^{-1}$ proposé par Thomas et Mudroch n'a été atteint.

Arsenic

Seulement deux des échantillons prélevés excédaient le critère des concentrations d'arsenic de 8 $\mu g\ g^{-1}$ établi par le MEO pour les déblais de dragage (figure A-8), soit ceux des stations 185SB (48 $\mu g\ g^{-1}$) et 118C (8 $\mu g\ g^{-1}$). Aux stations 185NA, 188B, 158B et 112C, les concentrations d'arsenic même élevées, respectaient néanmoins le critère.

Sélénium

Les concentrations de sélénium (figure A-9) variaient entre 0.03 $\mu g\ g^{-1}$ à la station 77B et 1.5 $\mu g\ g^{-1}$ à la station 172C. Ces concentrations étaient élevées aux stations 172C, 106A et 171A.

Zinc

Vingt-six des 57 échantillons prélevés (figure A-10) excédaient l'objectif de 100 $\mu g\ g^{-1}$ établi par le MEO pour les déblais de dragage. Aux stations 191A, 172A, 170A, 78NA, 171A et 126C, les valeurs étaient supérieures à 200 $\mu g\ g^{-1}$, seuil de la catégorie très polluée de l'EPA.

Matières organiques

Des 19 contaminants organiques à doser dans les sédiments de fond (tableau 2), les neuf suivants (lindane, α-BHC, heptachlore, heptachlore-époxyde, aldrine, endrine, o,p'-DDT, α-endosulfan et mirex) n'ont été décelés dans aucun échantillon, à la limite de détection de 0.001 $\mu g\ g^{-1}$. Le p,p'-méthoxychlore et le β-endosulfan ont été décelés une seule fois, à la concentration de 0.002 $\mu g\ g^{-1}$; la dieldrine a été décelée dans cinq stations seulement, à 0.001 $\mu g\ g^{-}$; l'α-chlordane et le γ-chlordane ont été décelés trois et cinq fois, respectivement, à 0.001 $\mu g\ g^{-1}$; l'hexachlorobenzène a été décelé à cinq reprises, dans l'intervalle de 0.001 à 0.002 $\mu g\ g^{-1}$.

DDT et ses métabolites

Aucun des 57 échantillons analysés ne contenait d'o,p'-DDT.

En règle générale, les concentrations de p,p'-TDE étaient faibles partout dans le fleuve; elles étaient décelables dans 13 des 57 échantillons prélevés. Plusieurs valeurs supérieures à la limite de détection, qui s'échelonnaient entre 0.003 et 0.011 $\mu g\ g^{-1}$, ont été mesurées aux stations 172 à 158, entre Gananoque et Rockport.

Le p,p'-DDE se trouvait habituellement sous la limite de détection de 0.001 $\mu g\ g^{-1}$, et n'a été décelé qu'à cinq stations sur 57. On en a trouvé des concentrations élevées à

la station 84, dans la rivière Grass (0.090 $\mu g\ g^{-1}$), et aux stations 82 (0.060 $\mu g\ g^{-1}$) et 78S (0.057 $\mu g\ g^{-1}$), immédiatement en aval. Ainsi, il y aurait eu, dans la rivière Grass, une source de ce composé ou de p,p'-DDT qui se serait transformé biologiquement en p,p'-DDE.

Dans cinq stations échantillonnées, on a mesuré des concentrations faibles du composé d'origine, le p,p'-DDT, au seuil de 0.001 $\mu g\ g^{-1}$. Des concentrations plus élevées ont été décelées aux stations 126A (0.005 $\mu g\ g^{-1}$) et 132A (0.021 $\mu g\ g^{-1}$), ce qui indiquerait la présence de sources de p,p'-DDT à Maitland et à Prescott.

BPC

De faibles concentrations de BPC ont été décelées à la plupart des stations échantillonnées (figure A-11). Dans neuf des 57 stations, les concentrations dépassaient le critère de 0.05 $\mu g\ g^{-1}$ établi par le MEO pour les déblais de dragage. Les concentrations les plus élevées se trouvaient à la station 84A (1.51 $\mu g\ g^{-1}$), dans la rivière Grass, et à la station 82B (1.59 $\mu g\ g^{-1}$) en aval de cette rivière. À la station 78SB, encore plus en aval de la source de la rivière Grass, la concentration était également élevée (0.64 $\mu g\ g^{-1}$). Il semblerait y avoir d'autres petites sources locales de BPC à Gananoque, à Alexandria Bay ainsi que dans les rivières Raquette et St. Regis.

Autres analyses

Cyanures

Aucun des 52 échantillons prélevés (figure A-12) ne respectait le critère de 0.1 $\mu g\ g^{-1}$ établi par le MEO pour les déblais de dragage et un seul ne se classerait pas dans la catégorie des sédiments très pollués de l'EPA dont le seuil est de 0.25 $\mu g\ g^{-1}$. Les valeurs avaient atteint 3.3 $\mu g\ g^{-1}$ aux stations 185SA et 191D et aucune n'était inférieure à 0.2 $\mu g\ g^{-1}$, soit le double du critère établi par le MEO pour les déblais de dragage. Les concentrations avaient dépassé 2.0 $\mu g\ g^{-1}$ aux stations 191D, 172B, 185SA et 82A.

Phénols

Les concentrations des phénols totaux (figure A-13) supérieures à 2.0 $\mu g\ g^{-1}$ avaient été mesurées aux stations 185SA, 169B et 164B. À la plupart des autres stations, elles variaient entre 0.0 et 1.0 $\mu g\ g^{-1}$.

Demande chimique d'oxygène

La demande chimique d'oxygène (DCO) variait entre 0.0 et 350 $mg\ g^{-1}$ (figure A-14). Le critère du MEO pour les déblais de dragage, qui est de 50 $mg\ g^{-1}$, n'avait pas été respecté dans de nombreuses stations. Les sédiments de bon nombre des stations étaient classés comme étant très pollués selon les critères de l'EPA (1977). Les plus fortes concentrations avaient été mesurées aux stations 170A (223 $mg\ g^{-1}$) et 164B (354 $mg\ g^{-1}$).

Huiles et graisses

Tous les échantillons en renfermaient des teneurs considérablement supérieures à 1.5 $mg\ g^{-1}$, critère établi par le MEO pour les déblais de dragage (figure A-15). Les plus hautes concentrations se trouvaient aux stations 191A (1125 $mg\ g^{-1}$) et 78NA (1147 $mg\ g^{-1}$). Dans les deux cas, les sources locales se trouvaient à Kingston et à Cornwall respectivement. Toutes les stations échantillonnées étaient considérées comme très polluées, selon les critères de l'EPA (1977).

Perte (%) à 105 °C

La perte dans le test de combustion à 105 °C donne le taux de compression des sédiments de chaque station. En règle générale, la teneur en eau des échantillons variait entre 20 % et 75 % (figure A-16). Les taux les plus élevés correspondaient aux stations 191A (75 %), 171A (73 %) et 164B (74 %). Il s'agit peut-être de l'une des raisons pour lesquelles les concentrations de contaminants y sont souvent plus élevées. Comme l'analyse a porté sur des échantillons secs, ceux qui ont une plus grande teneur en eau renfermeraient également, à l'état sec, les plus fortes concentrations de contaminants.

Perte (%) par calcination

Vingt-deux échantillons dépassaient, dans une perte par combustion de 6 %, critère établi par le MEO pour les déblais de dragage (figure A-17). Dix-sept stations échantillonnées étaient très polluées selon les critères de l'EPA. Le maximum de 27 % était mesuré à la station 164B. Les autres stations à teneur élevée en matières organiques étaient les suivantes ; 191A (17 %), 170A (17 %), 171A, 164A (13 %) et 77A (13 %).

Phosphore organique, inorganique et total

À neuf des stations échantillonnées, les concentrations de phosphore total ne respectaient pas le critère de 1000 $\mu g\ g^{-1}$ établi par le MEO pour les déblais de dragage (figure A-18). Selon les critères de l'EPA (1977), les sédiments de la plupart des stations échantillonnées étaient très pollués. Les maximums étaient mesurés aux stations 191A (1260 $\mu g\ g^{-1}$), 158B (1310 $\mu g\ g^{-1}$) et 129C (1470 $\mu g\ g^{-1}$).

Les concentrations de phosphore inorganique étaient quelque peu inférieures à celles du phosphore total et

s'échelonnaient entre 140 $\mu g\ g^{-1}$ et 1050 $\mu g\ g^{-1}$ environ (figure A-19). Les valeurs les plus élevées du phosphore inorganique étaient mesurées à la station 158B (1050 $\mu g\ g^{-1}$).

Les plus fortes concentrations de phosphore organique, soit la différence entre le phosphore total et le phosphore inorganique, étaient trouvées aux stations 171A (450 $\mu g\ g^{-1}$), 170A (340 $\mu g\ g^{-1}$), 164B (410 $\mu g\ g^{-1}$) et 77A (340 $\mu g\ g^{-1}$) (figure A-20).

SOMMAIRE

Compte tenu de plusieurs critères d'élimination des déblais de dragage des sédiments de fond, on trouvait que les sédiments d'un grand nombre de stations ne pouvaient pas être éliminés en eaux libres. Le tableau 4 fait le bilan des sources naturelles, urbaines et industrielles ainsi que des contaminants trouvés dans les sédiments, près des points de rejet. Beaucoup de ces sources semblent être considérables.

Tous les échantillons prélevés avaient enfreint les critères établis par le MEO dans le cas du fer, des cyanures ainsi que des huiles et des graisses. Bon nombre d'entre eux, comme le chrome, le cuivre, le plomb, le nickel, le zinc, la demande chimique d'oxygène et la perte par combustion ne respectaient pas les critères du MEO. Cornwall semble être une source importante de mercure, et la rivière Grass, une source importante de p,p'-DDE et de BPC. Il se peut que la pollution se retrouve en aval de ces sources, dans les eaux québécoises et américaines.

Puisqu'un grand nombre de ces critères sont constamment enfreints, il semble que ces critères sont trop bas et qu'ils doivent être révisés, ou encore, que les sources de pollution ne sont pas suffisamment surveillées, et que l'apport des rejets doit être réduit de façon à empêcher une dégradation plus prononcée des sédiments de fond.

Tableau 4. Sources possibles des contaminants: villes, industries et affluents

Source	Contaminants et autres analysés
Rivière Grass	p,p'-DDE (ou p,p'-DDT), BPC
Rivière St. Regis	BPC, P organique, Pourcentage de la perte par combustion
Rivière Raquette	BPC
Rivière Oswegatchie (Ogdensburg)	Pb, Zn
Baie de Cataraqui	Cr, Cu, CN, Ni, Zn, P total, Huiles et graisse, Pourcentage de la perte à 105 °C, Pourcentage de la perte par combustion
Lac Ontario	Mn, As
Kingston	Ni, As
Gananoque	Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, DCO, BPC, p,p'-TDE, Pourcentage de la perte par calcination, P organique
Cornwall	Hg, Pb, Zn, Huiles et graisses
Clayton	Phénols, Pourcentage de la perte à 105 °C, P organique, Pb, DCO, Cr, Cu, Ni, Zn, Pourcentage de la perte par combustion
Rockport	p,p'-TDE
Alexandria Bay	PBC, P total, Cu, Ni, As, Cr, P inorganique
Prescott	p,p'-DDT, Cu
Cape Vincent	As, CN, Mn, Phénols
Reynolds Metals Co.	CN, Cd, Cu
Maitland (Dupont)	Pb, Cu, p,p'-DDT

RÉFÉRENCES

Environnement Canada. 1986. *Manuel des méthodes analytiques.* Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Ottawa (Ontario).

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 1976. Evaluating Construction Activities Impacting on Water Resources (Construction Handbook), Toronto (Ontario).

Thomas, R.L., et A. Mudroch, 1979. Small craft harbours—Sediment survey, Lakes Ontario, Erie and Lake St. Clair, 1978, Dredging summary and protocol. Report to the Great Lakes Biolimnology Laboratory, Burlington (Ontario).

United States Environmental Protection Agency. 1975. Regulations Governing Discharge of Dredged or Filled Material in Navigable Waters. Federal Register, Vol. 40, nº 173, pp 41 292-98.

Annexe

Résultats de l'étude des sédiments de fond, fleuve Saint-Laurent, juin 1975

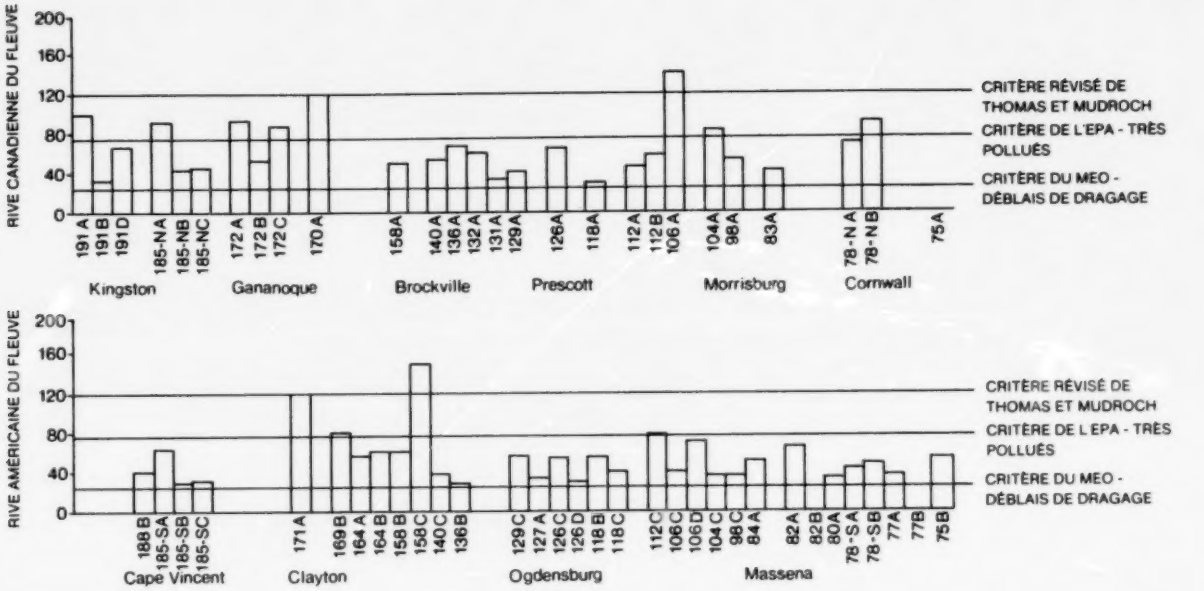

Figure A-1. Chrome ($\mu g\ g^{-1}$).

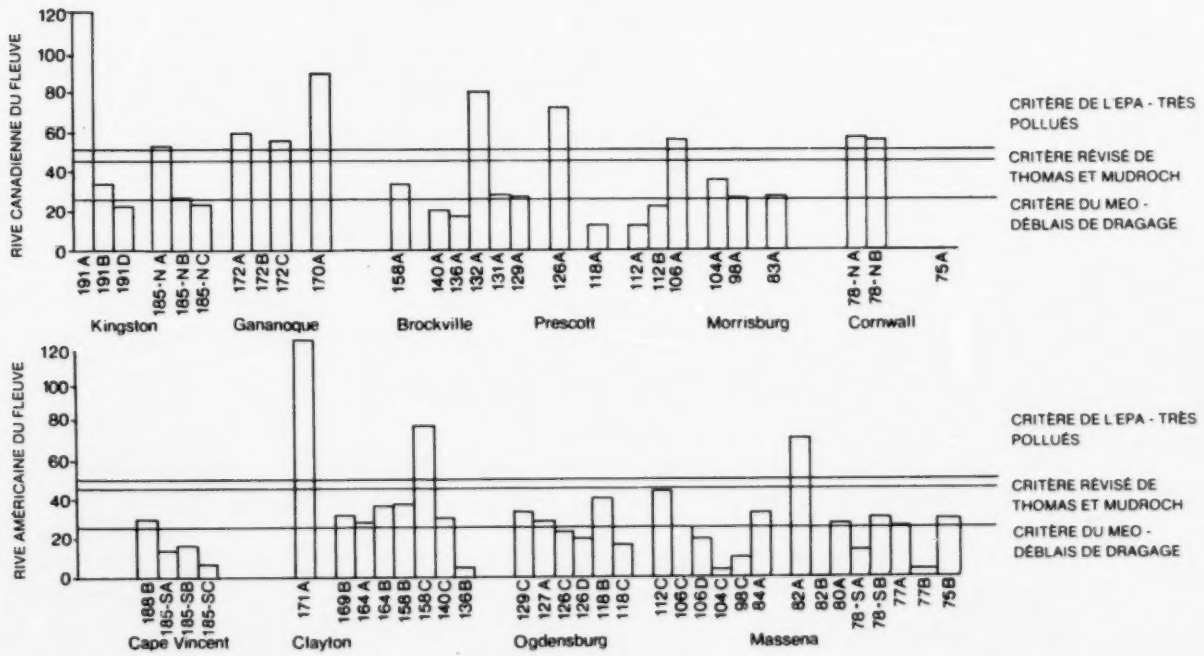

Figure A-2. Cuivre ($\mu g\ g^{-1}$).

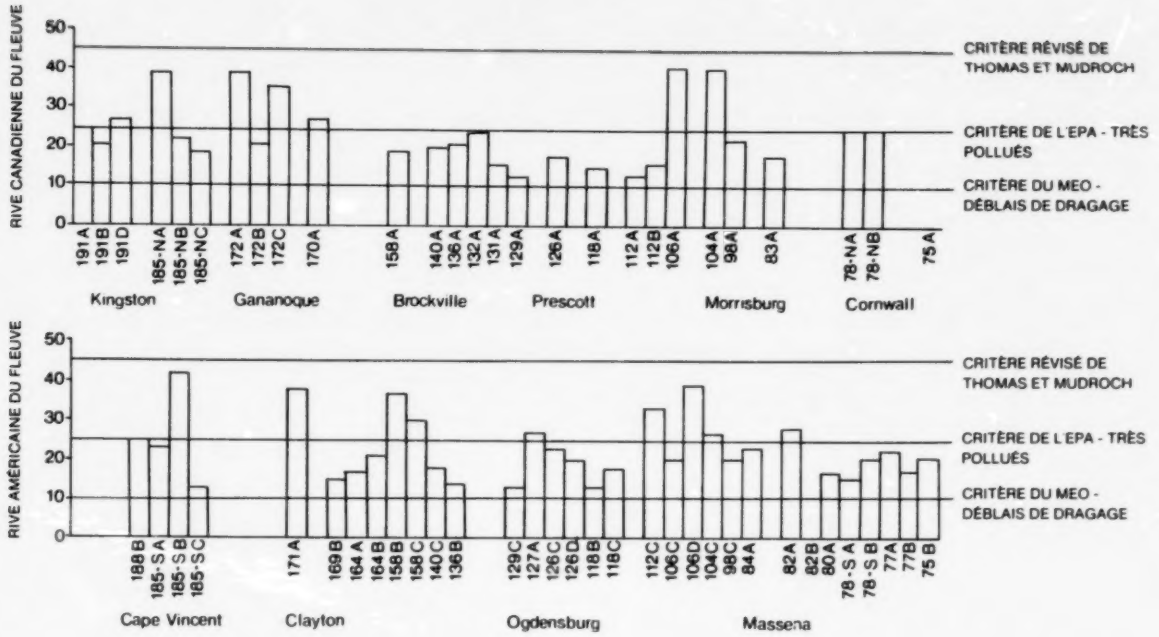

Figure A-3. Fer ($mg\ g^{-1}$).

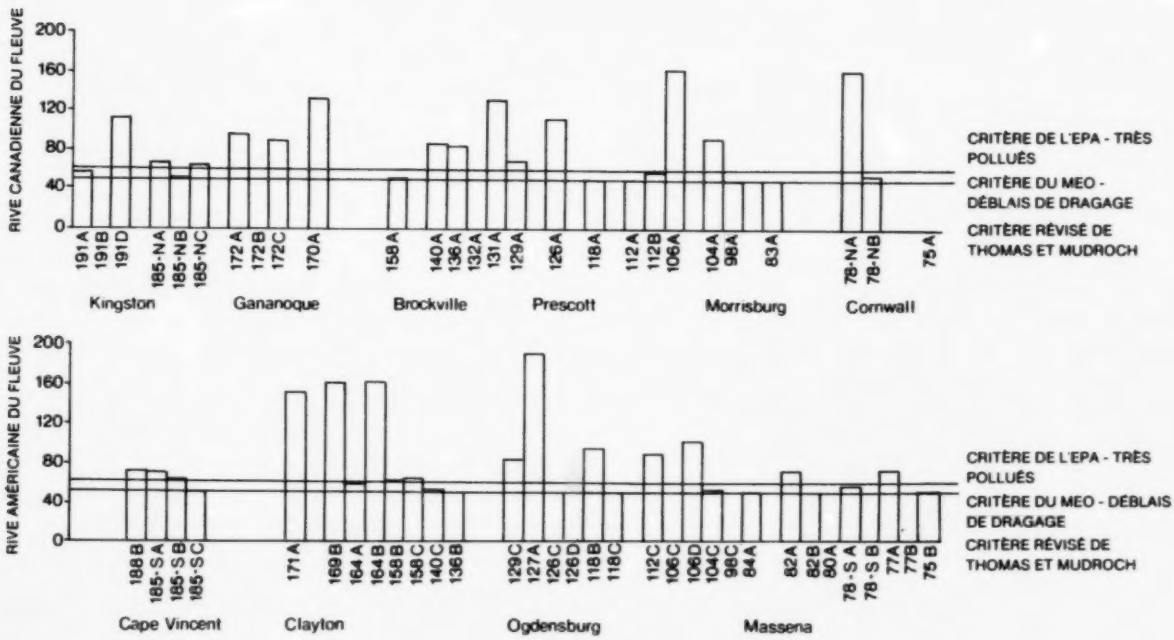

Figure A-4. Plomb ($\mu g\ g^{-1}$).

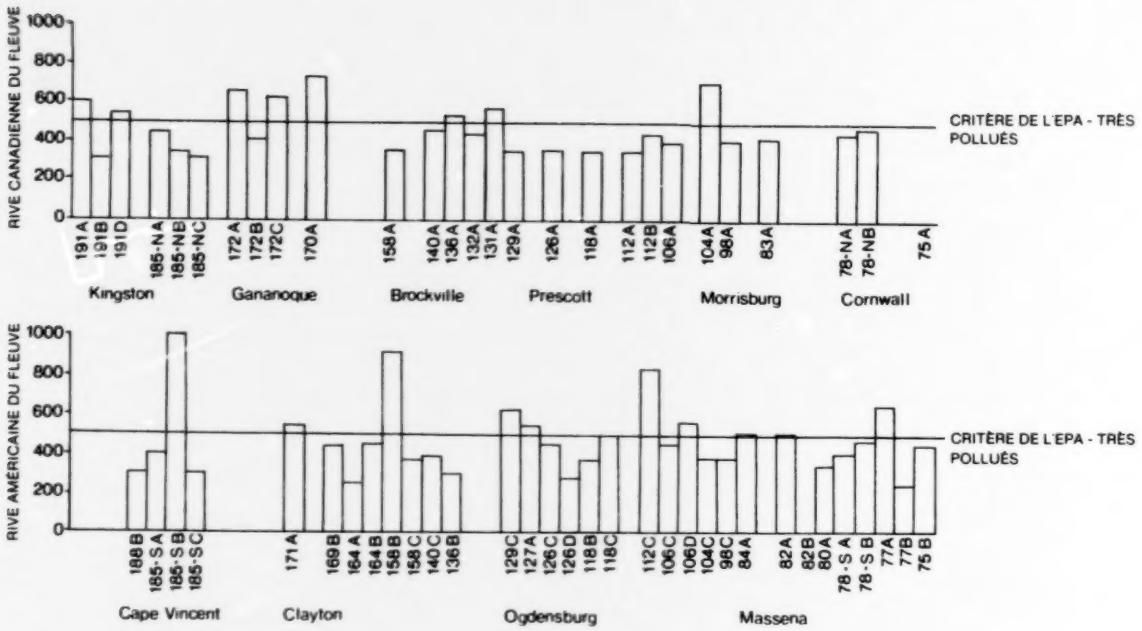

Figure A-5. Manganèse ($\mu g\ g^{-1}$).

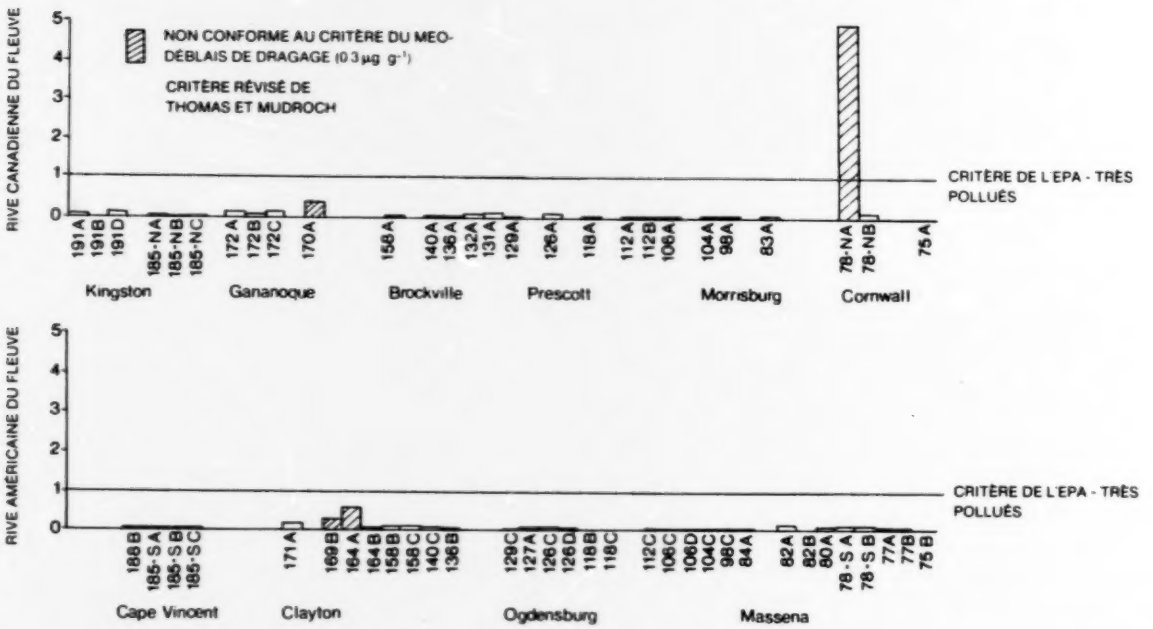

Figure A-6. Mercure ($\mu g\ g^{-1}$).

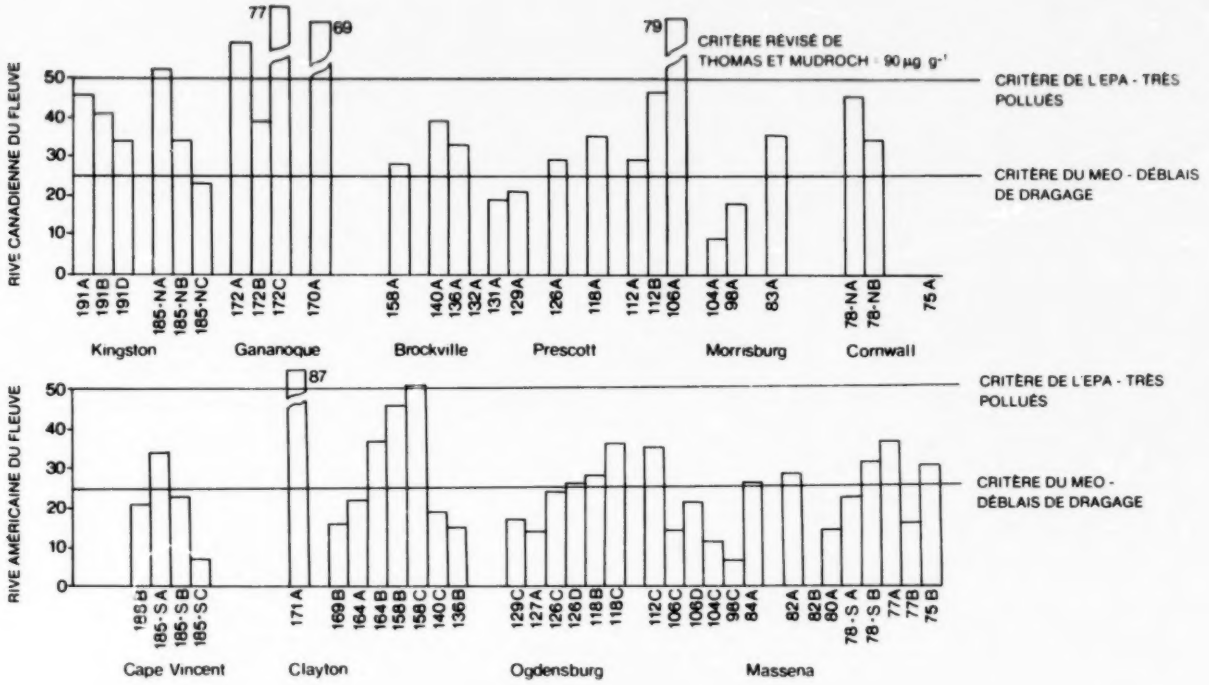

Figure A-7. Nickel (µg g^{-1}).

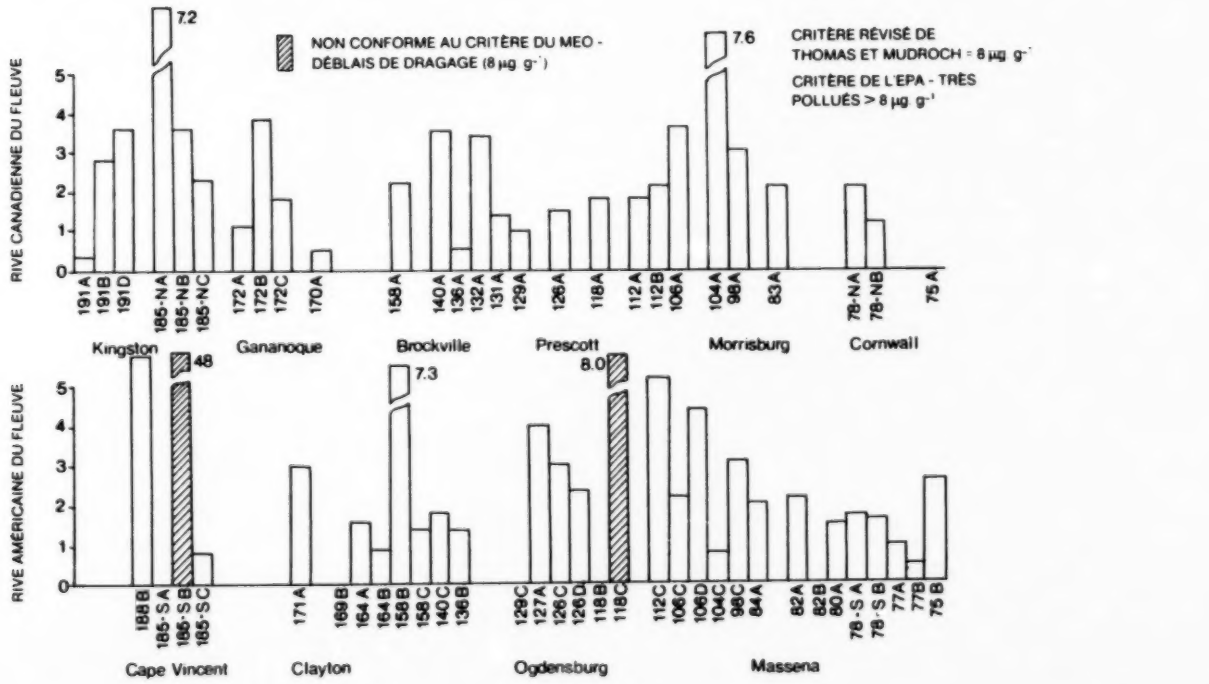

Figure A-8. Arsenic (µg g^{-1}).

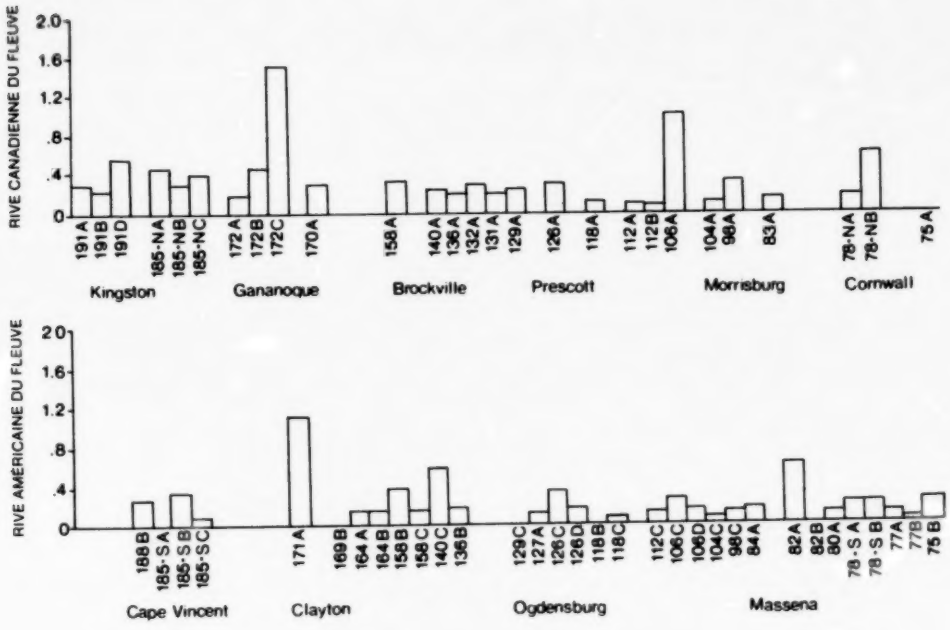

Figure A-9. Sélénium ($\mu g\ g^{-1}$).

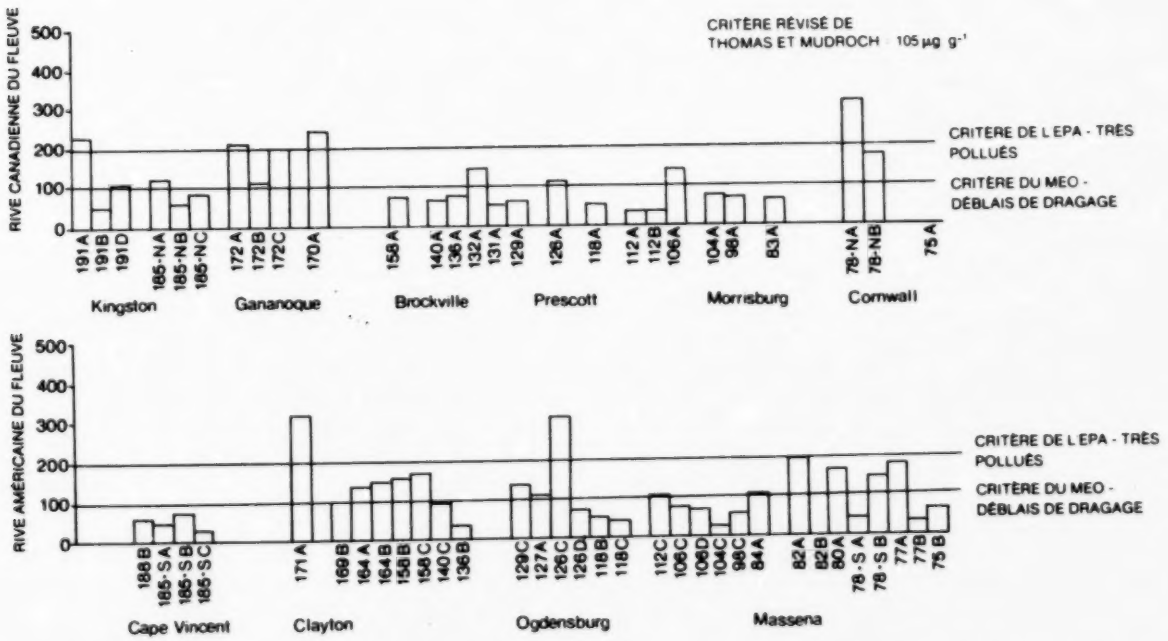

Figure A-10. Zinc ($\mu g\ g^{-1}$).

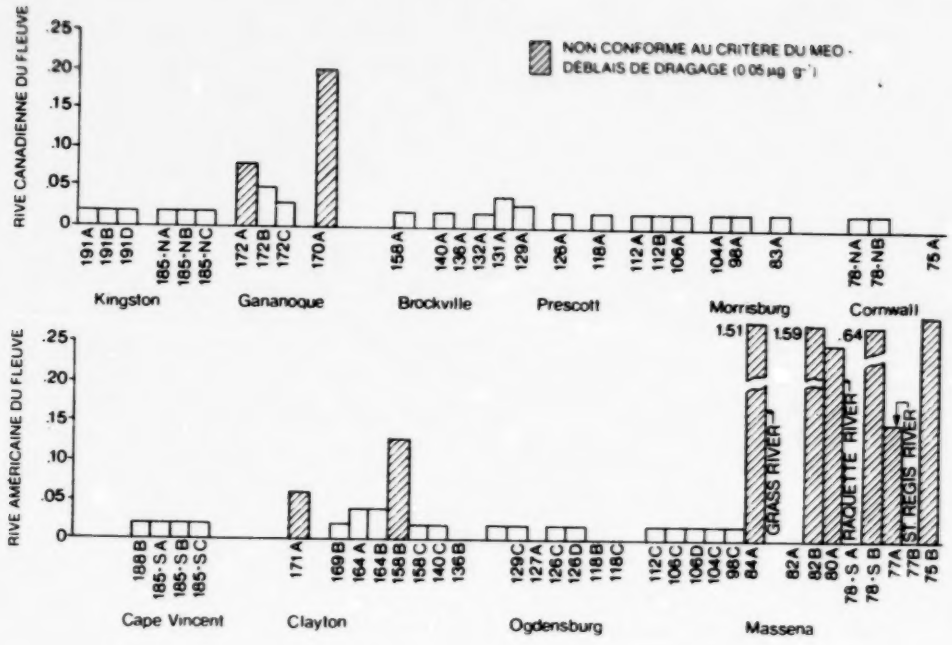

Figure A-11. BPC ($\mu g\, g^{-1}$).

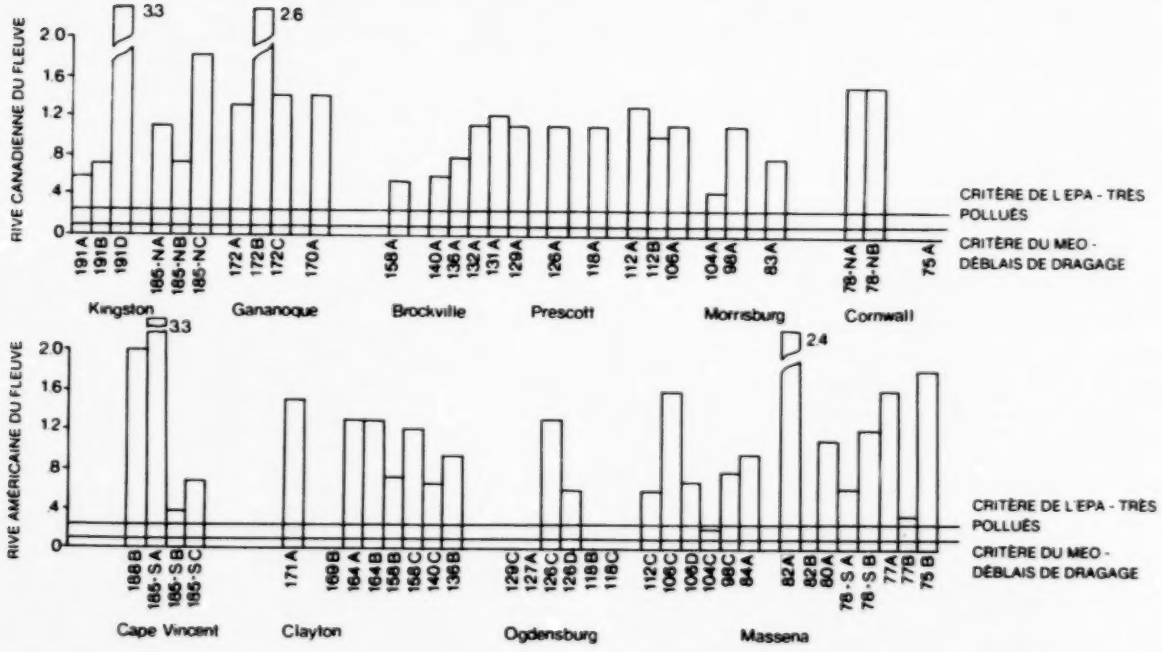

Figure A-12. Cyanures ($\mu g\, g^{-1}$).

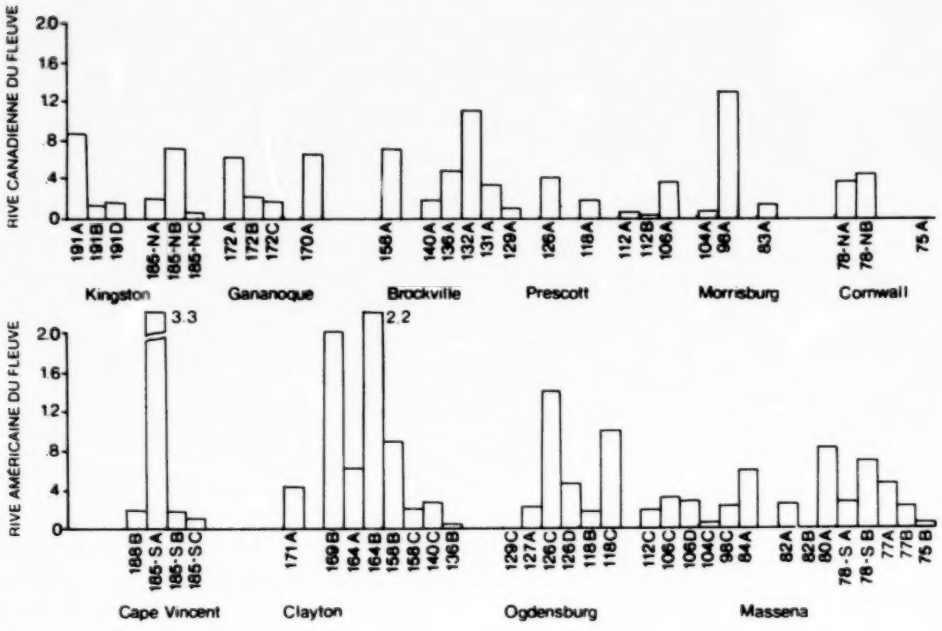

Figure A-13. Phénols ($\mu g\ g^{-1}$).

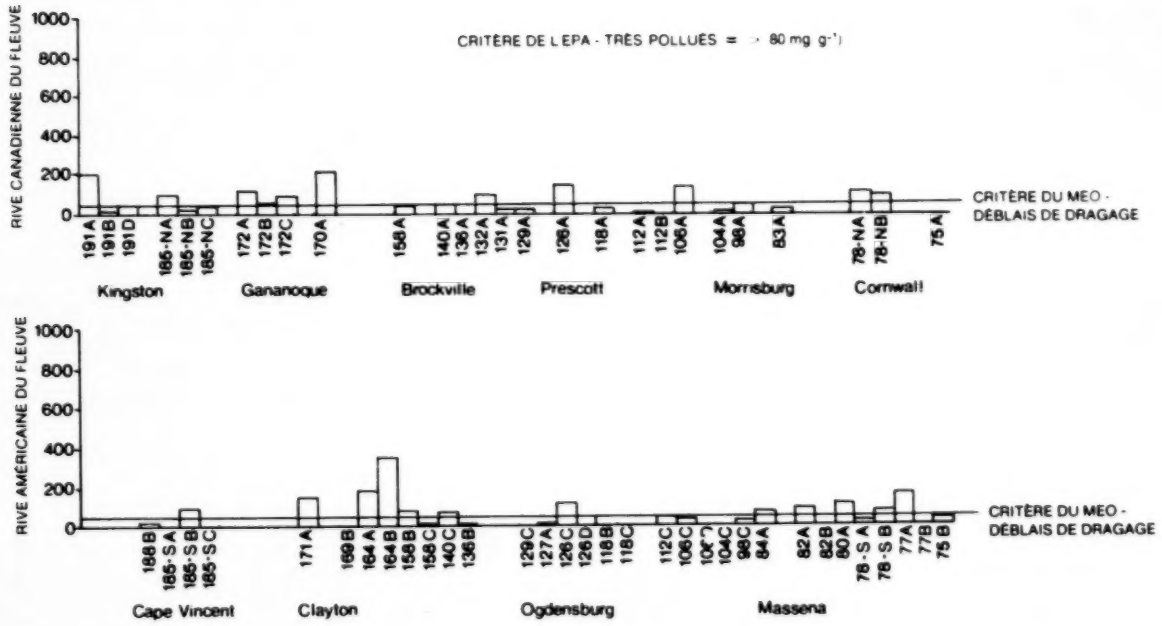

Figure A-14. Demande chimique d'oxygène ($mg\ g^{-1}$).

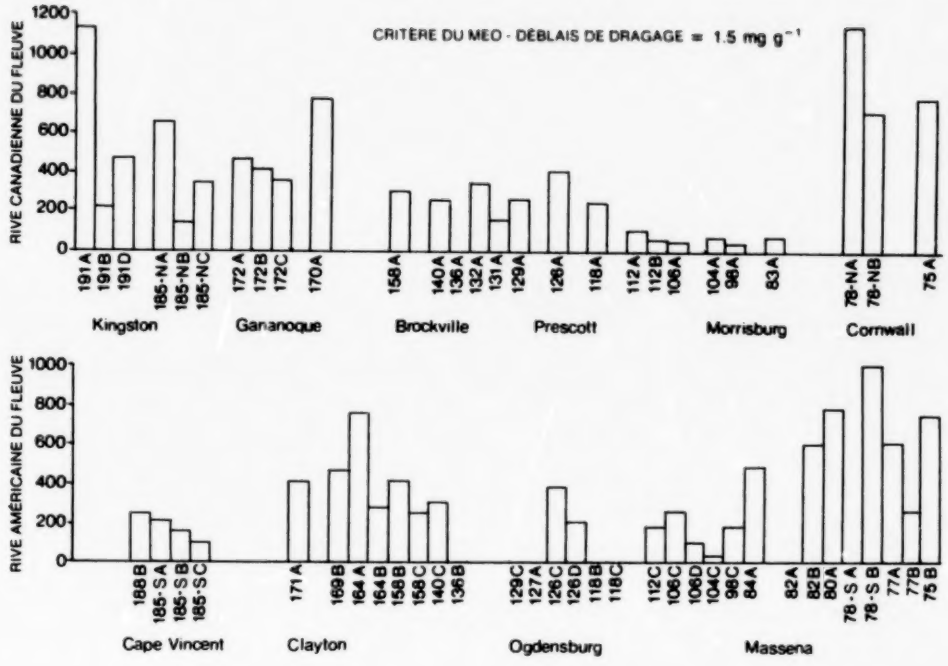

Figure A-15. Huiles et graisses (mg g^{-1}).

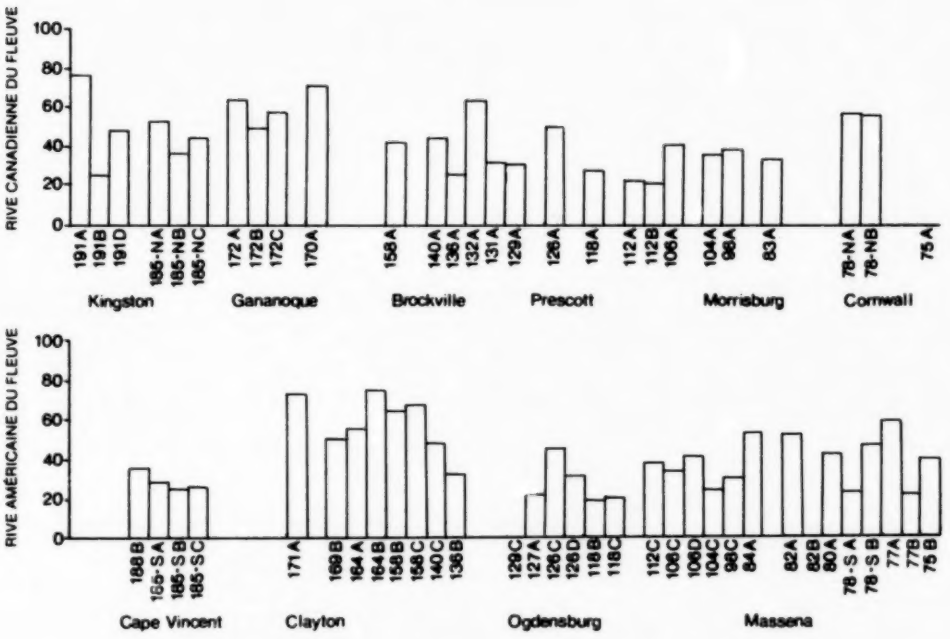

Figure A-16. Perte (%) à 105 °C.

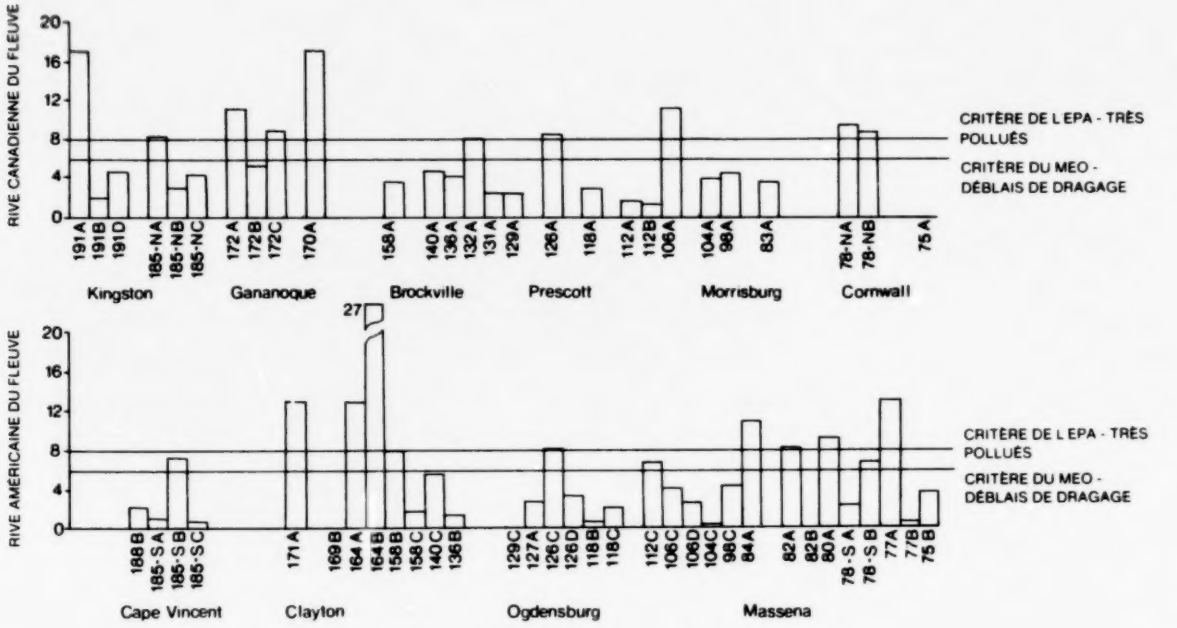

Figure A-17. Perte (%) par combustion.

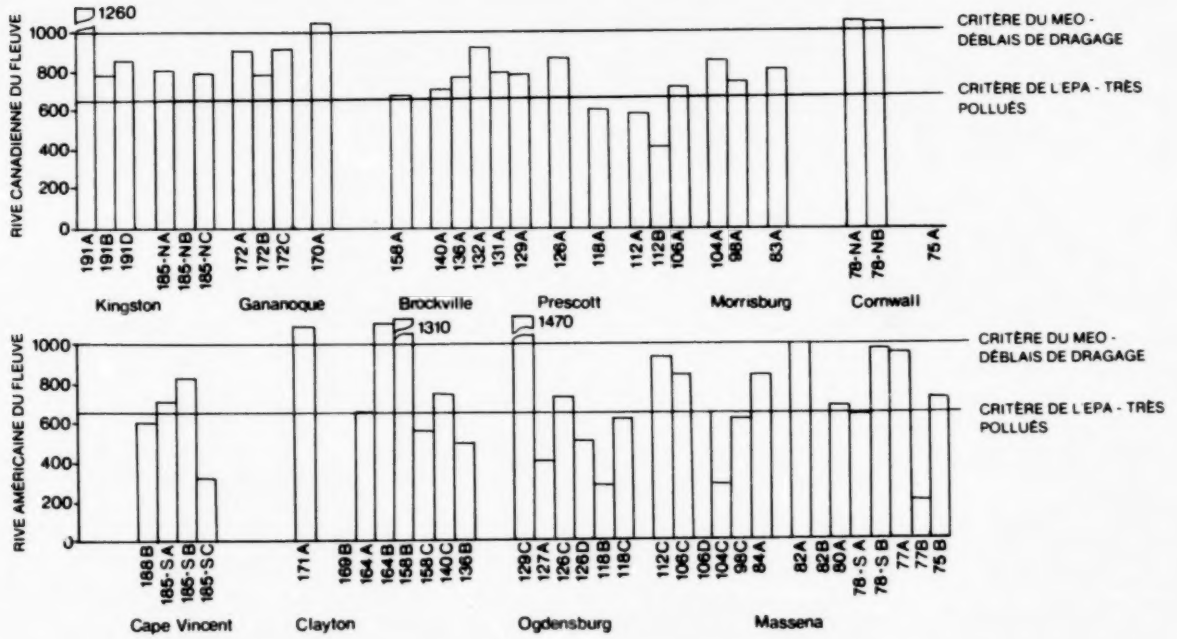

Figure A-18. Phosphore total ($\mu g\ g^{-1}$).

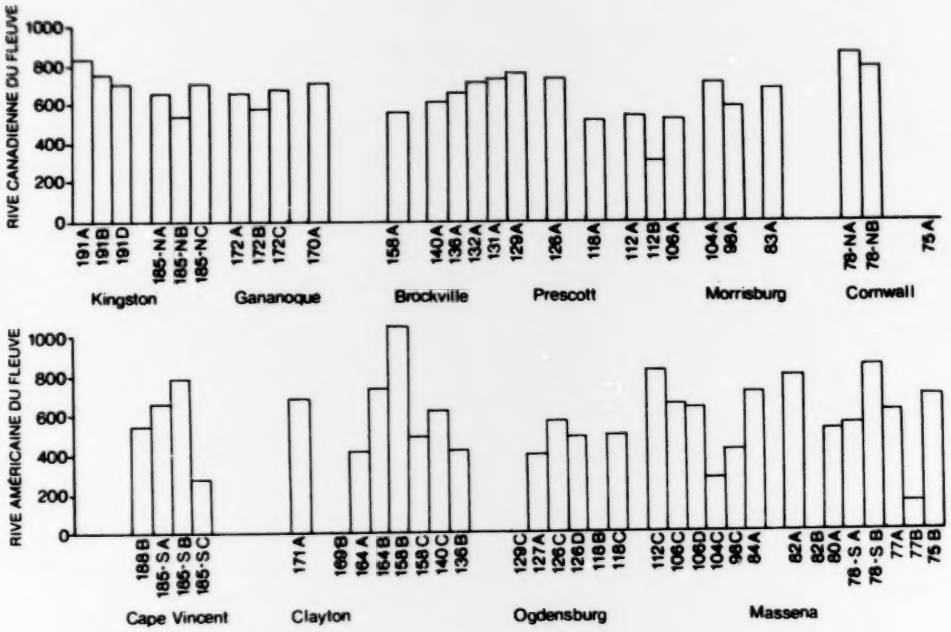

Figure A-19. Phosphore inorganique ($\mu g\ g^{-1}$).

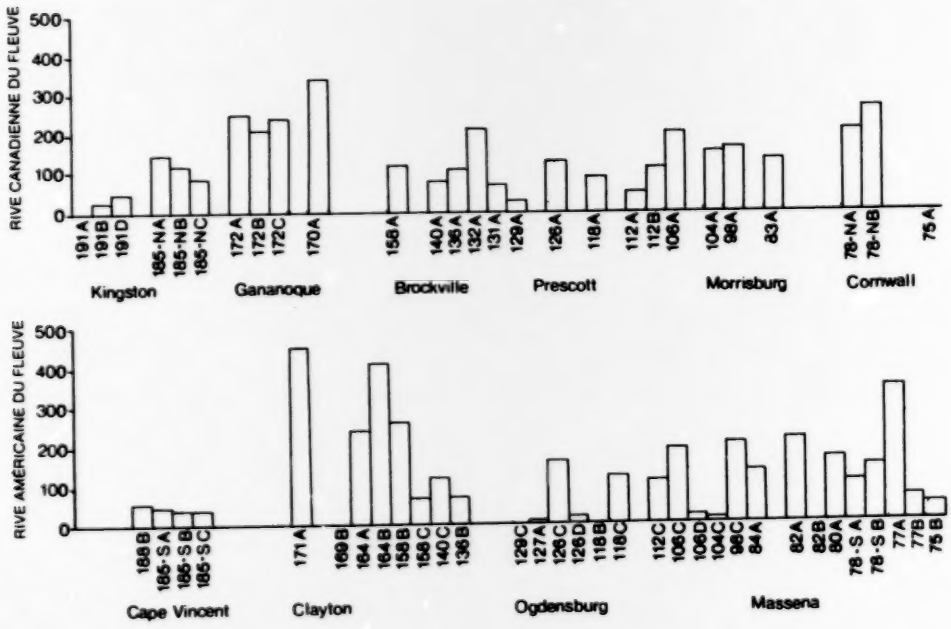

Figure A-20. Phosphore organique ($\mu g\ g^{-1}$).